



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta strojní**

---

KATEDRA TEXTILNÍCH A JEDNOÚČELOVÝCH STROJŮ

2008

**Ondřej Kutílek**

KTS – B014

## **Stanovení pasivních odporů na jehle pletařského stroje**

**Assesment passivation resistance on needle knitting machine**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Mrázek, CSc.

### **Rozsah práce:**

Počet stran	47
Počet tabulek	13
Počet příloh	6
Počet obrázků	49
Počet vzorců	22



**Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá měřením pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletářského stroje. V úvodu je seznámení s pletářskou technologií, pasivními odpory, metodami měření pasivních odporů a popisem tzv. stick and slip efektu.

V experimentální části je navržena metodika měření pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletářského stroje. Dále je na této metodice měřena tahová síla zdvihu platiny, která je statisticky vyhodnocena a zpracována do grafů.

V závěru jsou přepočítány koeficienty tření a vyhodnocení výsledků.

**Klíčová slova:**

Pletářská technologie, pasivní odpory, stick and slip efekt, koeficient tření

**Annotation:**

This bachelor thesis discusses measurement of passive resistance on platinum in a groove on a needle cylinder of a knitting machine. The introduction apprise of knitting technology, passive resistance, measuring methods of passive resistance and so-called stick and slip effect.

The experimental part describes a concept of a method of measurement of passive resistance on platinum in a groove on a needle cylinder of a knitting machine. Using this method, a tension force of platinum lift is measured and than it is statistically analysed and compiled into graphs.

Coefficients of friction and evaluation of results are being treated in the conclusion.

**Keywords:**

Knitting technology, passive resistance, stick and slip effect, coefficient of friction

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon  
č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých  
autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom  
povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne  
požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné  
výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na  
základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date:

Signature:

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinu Bílkovi, Ph.D. za jeho čas, obětavost, cenné rady, připomínky a panu Ing. Vladimíru Michnovi za pomoc při měření. Dále bych chtěl poděkovat Katedře textilních a jednoúčelových strojů a jejímu kolektivu za poskytnuté podmínky pro zpracování této práce.

Největší dík patří mým rodičům a přítelkyni, kteří mě během celého studia podporovali.



## OBSAH

<b>OBSAH .....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2 PLETAŘSKÁ TECHNOLOGIE .....</b>	<b>11</b>
2.1 Rozdělení pletařských strojů.....	12
2.2 Základní prvky pletařských strojů.....	12
2.2.1 Pletařské jehly .....	13
2.2.2 Platiny pletařských strojů.....	13
<b>3 PASIVNÍ ODPORY .....</b>	<b>14</b>
3.1 Smykové tření.....	14
3.2 Čepové tření.....	15
3.3 Valivý odpor .....	16
3.4 Trakční odpory.....	17
3.5 Tuhost vlákna .....	17
3.6 Vláknové (pásové) tření.....	18
<b>4 ZÁKLADNÍ STAVY TŘENÍ:.....</b>	<b>19</b>
4.1 Suché tření .....	19
4.2 Mezné tření .....	19
4.3 Kapalinové tření.....	20
4.4 Smíšené tření .....	20
<b>5 STICK AND SLIP EFEKT .....</b>	<b>21</b>
<b>6 METODY STANOVENÍ PASIVNÍCH ODPORŮ .....</b>	<b>22</b>
6.1 Metoda nakloněné roviny .....	22
6.2 Metoda měření koeficientu tření na vodorovném tribometru .....	24



<b>6.3</b>	<b>Metody měření tření vtlačováním pomocí tělíska .....</b>	<b>25</b>
6.3.1	Pin on disk .....	26
6.3.2	Pin on ring .....	27
6.3.3	Cylinder on ring .....	27
6.3.4	Block on ring .....	28
6.3.5	Pin on plate .....	28
6.3.6	Cylinder on plate .....	28
<b>6.4</b>	<b>Měření tření mezi přidržovačem a tažnicí .....</b>	<b>29</b>
<b>6.5</b>	<b>Měření tření na tažné hraně .....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ PASIVNÍCH ODPORŮ .....</b>	<b>30</b>
<b>7.1</b>	<b>Navržení metodiky měření pasivních oporů .....</b>	<b>30</b>
<b>7.2</b>	<b>Vlastní měření .....</b>	<b>32</b>
7.2.1	Citlivost snímače .....	33
7.2.2	Postup měření .....	34
7.2.3	Postup zpracování dat .....	35
7.3.2	Měření tahové síly při statickém tření .....	36
7.3.3	Měření tahové síly při dynamickém tření .....	40
<b>7.4</b>	<b>Stanovení statického a dynamického koeficientu tření .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>DISKUSE K VÝSLEDKŮM MĚŘENÍ .....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>47</b>





## Seznam použitých zkratk a symbolů

Označení	Název	Jednotka
$\bar{x}$	aritmetický průměr	[-]
$F_b$	brzdící síla protitahu	[N]
$S_1$	hnací síla lana	[N]
$S_2$	hnaná síla lana	[N]
$k$	koeficient pro přepočet sil za a před svařencem	[-]
$F_n$	kolmá složka tíhy	[N]
$\bar{\kappa}$	krajní chyba aritmetického průměru	[-]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$p$	měrný tlak	[Pa]
$x$	měřená hodnota	[-]
$T_T$	měřená tahová síla	[N]
$M_{\zeta}$	moment čepového tření	[N.m]
$M_v$	moment valivého odporu	[N.m]
$N, N_1, N_2$	normálové síly	[N]
$A$	plocha	[m <sup>2</sup> ]
$n$	počet měření	[-]
$r_{\zeta}$	poloměr čepu	[m]
$r$	poloměr kladky	[m]
$p_p$	protitlak	[Pa]
$\xi_1, \xi_2$	ramena neohebnosti	[m]
$e$	rameno valivého odporu	[m]
$R_A, R_B$	reakce vytvářející klopný moment	[N]
$v$	rychlost	[m.s <sup>-1</sup> ]
$F_p$	síla od jehly	[N]
$F_2$	síla před svařencem	[N]
$F_k$	síla při dynamickém tření	[N]
$F_s$	síla při statickém tření	[N]
$F_1$	síla za svařencem	[N]
$R_1, R_2, R_3, R_4$	síly od předpružení	[N]
$s$	směrodatná odchylka	[-]
$\bar{s}$	směrodatná odchylka střední hodnoty	[-]
$T_{R1}, T_{R2}, T_1, T_2$	smykové síly	[N]
$N_N$	součet všech normálových sil působících na platinu	[N]



Označení	Název	Jednotka
$f_{\zeta}$	součinitel čepového tření	[-]
$f_k$	součinitel dynamického smykového tření	[-]
$f$	součinitel smykového tření	[-]
$f_s$	součinitel statického smykového tření	[-]
$\beta$	středový úhel	[°]
$t_{p,n}$	studentův součinitel	[-]
$F$	tažná síla	[N]
$F_t$	tečná složka tíhy	[N]
$G$	tíha	[N]
$F_m$	tíha misky	[N]
$N_s$	tíha smykajícího se tělesa	[N]
$\psi$	trakční součinitel	[-]
$T$	třecí síla	[N]
$T_0$	třecí síla za klidu	[N]
$\varphi$	třecí úhel	[°]
$\alpha_o$	úhel opásání	[°]
$\alpha$	úhel sklonu nakloněné roviny	[°]
$\alpha_1, \alpha_2$	úhly sklonu zámků	[°]
$R$	výsledná reakce	[N]
$Q$	zatížení od břemene	[N]
$F_N$	zatížení od čelistí	[N]
$\Delta s$	změna vzdálenosti	[m]

# 1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá měřením pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletařského stroje. V úvodní části je seznámení s pletařskou technologií. Dále je rozdělení pletařských strojů a popis základních prvků pletařského stroje. V další části jsou popsány druhy pasivních odporů a jejich základní stavy. Nejdůležitější pasáží v teoretické části jsou metody měření pasivních odporů a jejich popis. Na závěr je uveden tzv. stick and slip efekt, který bude ovlivňovat celé měření.

Cílem této bakalářské práce je navržení metodiky měření pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletařského stroje. V této části je popis jednotlivých použitých částí, popis měření a popis zpracování dat. Při měření tahových sil se bude měřit na dvou jehelních válcích pletařského stroje a to již na zaběhaném a na nezaběhaném válci šesti různými platinami v šesti různých drážkách. Bude se měřit tahová síla při statickém i dynamickém tření.

V závěru je přepočítán koeficient tření a to jak statický, tak dynamický. Dále je provedena diskuse k naměřeným výsledkům a jejich vyhodnocení.

## 2 Pletařská technologie

Nezastupitelnou plošnou textilií, která dříve uspokojovala převážně přímé potřeby člověka v oblasti odívání a bytových textilií je pletenina. V současnosti však nalezla též široké uplatnění v oblasti technických textilií. Její charakteristickou vlastností je velká tažnost a elasticita, přizpůsobivost tvarům, které obepíná, má dobré tepelně-izolační vlastnosti, je prodyšná a měkká. Pletařská technologie, kterou pletenina vzniká je vysoce produktivní a proto nachází v celkové výrobě textilií stále větší uplatnění a to hlavně při výrobě technických textilií.

Pletařský průmysl patří k mladším odvětvím textilní výroby, jelikož začátky mechanického pletení jsou spojeny s vynálezem anglického pastora Williama Lee z roku 1589. V té době představoval zvýšení produktivity práce cca 10x. Na další

významné vynálezy a bouřlivý rozmach muselo pletářství čekat až do 19. století, kdy vznikla principiálně většina dnes používaných typů strojů [3].

## 2.1 Rozdělení pletářských strojů

Pletářské stroje lze rozdělit podle několika hledisek:

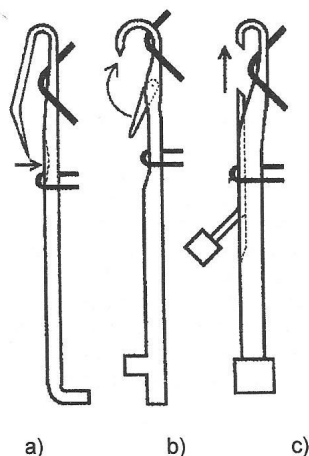
- 1) Podle způsobu pracovního pohybu jehel na
  - pletací stroje, kde se jehly pohybují jednotlivě
  - stávky a rašly se současným pohybem jehel
- 2) Podle způsobu pletení a použití pletářských vazeb na
  - zátažné – k výrobě zátažných pletenin
  - osnovní – k výrobě osnovních pletenin
- 3) Podle tvaru jehelního lůžka na
  - ploché – s plochými lůžky
  - okrouhlé – s okrouhlými lůžky
- 4) Podle počtu lůžek a jejich uspořádání na
  - jednolůžkové, které mají jednu soustavu jehel pro výrobu jednolícnicích pletenin
  - dvoulůžkové, které mají dvě soustavy jehel pro výrobu oboulícnicích nebo obourubnicích pletenin
- 5) Další hlediska dělení pletářských strojů:
  - podle počtu systémů
  - podle vzorovacího zařízení
  - podle druhu pletené vazby
  - podle vyráběných výrobků

## 2.2 Základní prvky pletářských strojů

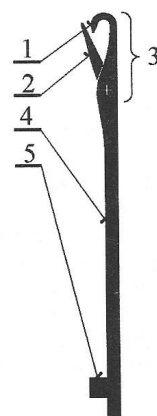
Základní prvky pracovního ústrojí pletářských strojů jsou pletářské jehly a platiny. Jsou to velmi namáhané součásti vyráběné s vysokou přesností z ušlechtilých ocelí. Na jejich kvalitě závisí spolehlivost a účinnost pletářského stroje.

### 2.2.1 Pletařské jehly

Společnou součástí všech pletařských strojů jsou různé druhy pletařských jehel a platin. Na obr. 1 jsou uvedeny tři základní typy jehel: a) jehla háčková, b) jazýčková, c) dvoudílná. Vyskytují se v mnoha modifikacích podle typu stroje, avšak jejich společnou vlastností je výroba oček. Pro objasnění je na obr. 2 znázorněna jazýčková jehla. Hlavní části jehly: 1 – háček, 2 – jazýček, 3 – hlava jehly, 4 – stvol, 5 – kolénko [3].



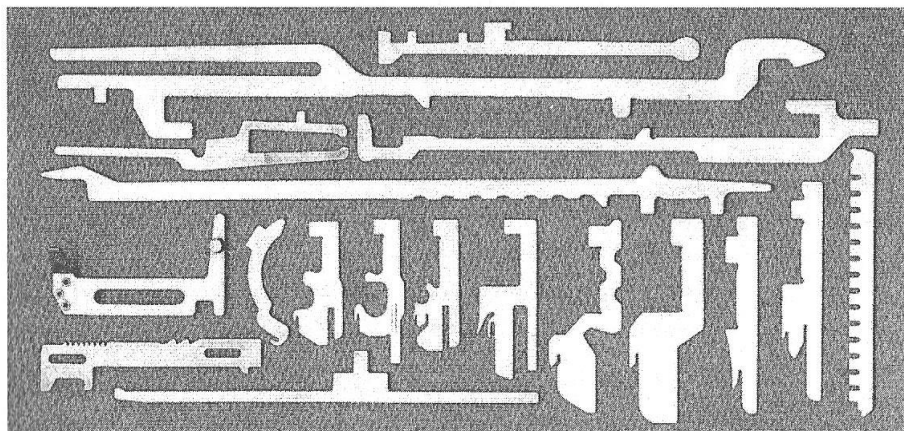
Obr. 1 Základní typy jehel



Obr. 2 Jazýčková jehla

### 2.2.2 Platiny pletařských strojů

Platiny plní dvě funkce. Buď přichází do styku s nití a podílí se spolu s jehlou na tvorbě oček, nebo napomáhají k zajištění volby jehel či jejich pohybu. Přehled některých druhů je na obr. 3, kde jsou zobrazeny platiny pro okrouhlé pletací stroje [4].



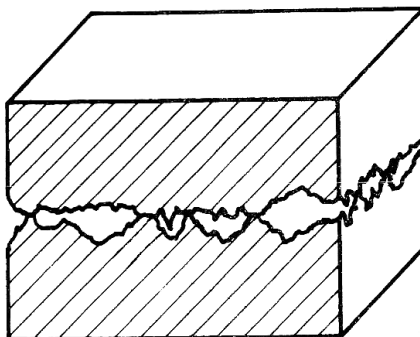
Obr. Platiny pro okrouhlé pletací stroje

### 3 Pasivní odpory

Z hlediska spolehlivé funkce a životnosti každé součásti má zvláštní význam její povrch. Povrchová vrstva materiálu má obvykle jiné vlastnosti než základní materiál v hloubce tělesa, je odlišným způsobem namáhána a je často zdrojem poruch šířících se dále do celého objemu. Proto se povrchovým jevům věnuje stále větší pozornost.

K významným povrchovým jevům patří pasivní odpory, ke kterým dochází při vzájemném pohybu těles v reálných vazbách, kdy se jejich práce mění v teplo. Pasivní odpory představují ztráty mechanické energie, které snižují účinnost strojů a celých zařízení. Proto se je snažíme snižovat na minimum. V technické praxi však existují případy, kdy se pasivní odpory využívají např. u třecích brzd, třecích spojek, řemenových a třecích převodů [2].

Obecně je lze charakterizovat vznikem tečných reakcí u stýkajících se těles a v podstatě jsou dány nerovnostmi styčných ploch, které svými výstupky do sebe zasahují a brání pohybu (obr. 4). Proto pasivní účinky jsou především závislé na druhu materiálu, stavu styčných ploch a jsou také jiné za klidu a jiné za pohybu [1].

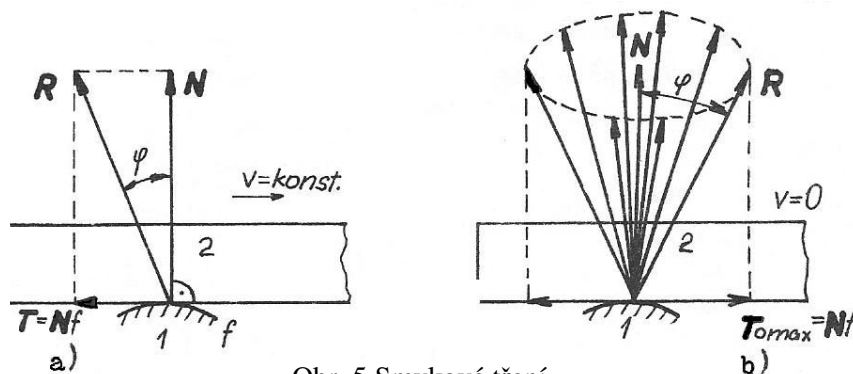


Obr. 4 Dotyk reálných těles

#### 3.1 Smykové tření

Smykové tření je základním druhem pasivního odporu a vzniká při posouvání (smýkání) jednoho tělesa po povrchu jiného tělesa. Jeho původ je především v nerovnosti obou styčných ploch, kterými se tělesa vzájemně dotýkají. Tak vzniká třecí síla  $T$ , jejíž působíště je na stykové ploše obou těles a jejíž směr míří vždy proti směru rychlosti tělesa. Předpokladem zde však je, že pohyb mezi tělesy skutečně existuje.

Jinak je tomu za stavu klidu, kdy tečná reakce, kterou označíme  $T_0$ , může působit v libovolném směru, vzhledem k výslednému silovému působení na těleso a může nabývat všech hodnot v rozmezí od 0 až do  $T_{0max}$  (obr. 5b).



Obr. 5 Smykové tření

Výsledná reakce podpory vyplňuje za stavu klidu svými možnými polohami třecí neboli frikční kužel. Jeho úhel od osy k povrchu (mezi N, R) je dán vztahem

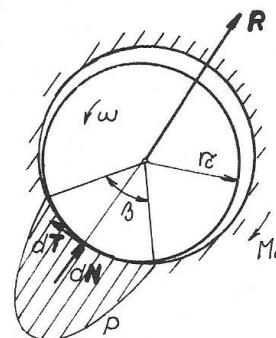
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{T_{0 \max}}{N} = \frac{N \cdot f}{N} = f. \quad (1)$$

Úhel  $\varphi$  se nazývá třecí neboli frikční úhel. Je-li mezi tělesy pohyb, potom je tečná složka reakce T (třecí síla) určitá, má velikost  $N \cdot f$  a směřuje proti pohybu (obr. 5a). Výsledná reakce R je pak od normály vychýlená proti pohybu o frikční úhel  $\varphi$  [1].

Rozlišujeme smykové tření klidové (statické) a za pohybu (dynamické). Stejným způsobem rozlišujeme také součinitele tření na statický  $f_s$  a dynamický  $f_k$ . Statický koeficient bývá z pravidla větší. Díky této skutečnosti existuje tzv. Stick and slip efekt, který bude popsán později.

### 3.2 Čepové tření

Vliv tření na otočný čep v radiálním ložisku se vyjadřuje tak, že se zavádí moment čepového tření  $M_{\check{c}}$ , přesněji dvojice sil od čepového tření o momentu  $M_{\check{c}}$ , působící proti smyslu pohybu čepu vzhledem k pánvi. Příklad rovinného radiálního čepu podle obr. 6 čep se stýká s pánví v oblouku se středovým úhlem  $\beta \leq \pi$ . V jednotlivých bodech vznikají elementární reakce



Obr. 6 Čepové tření

$$dN = p \cdot dA, \quad (2)$$

kde  $p$  je měrný tlak a  $dA$  element plochy. Měrný tlak  $p$  probíhá spojitě podle jisté křivky. Nahrazením sil  $dN$  a  $dT$  pro počátek ve středu čepu, dostaneme jistou reakci  $R$ . Moment  $M_\varepsilon$  vyjadřujeme vztahem

$$M_\varepsilon = r_\varepsilon \cdot f_\varepsilon \cdot R, \quad (3)$$

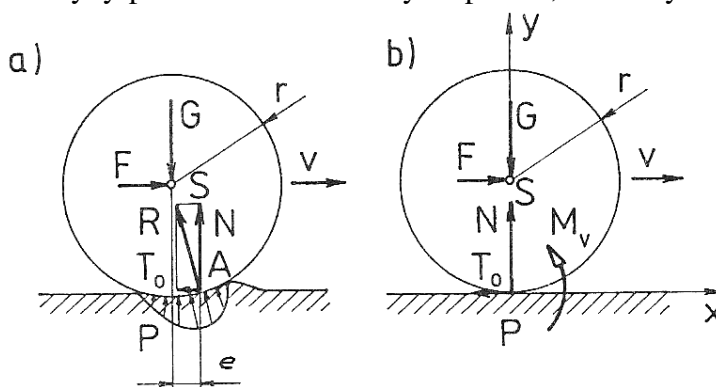
kde  $f_\varepsilon$  je součinitel čepového tření,  $r_\varepsilon$  poloměr čepu a  $R$  velikost reakce v čepu [1].

### 3.3 Valivý odpor

Při valení těles se setkáváme s pasivním účinkem, který nazýváme valivý odpor. Při valení těles nevzniká odpor v důsledku drsnosti dotykových ploch, ale v důsledku nesouměrné deformace válce a podložky. Valením se válec a podložka deformují (obr. 7a) a v místě styku vznikají elementární reakce. Výslednice  $R$  těchto elementárních reakcí neprochází bodem  $P$  ležícím pod středem válce, ale bodem  $A$  vzdáleným od bodu  $P$  o míru  $e$  ve směru pohybu. Míra  $e$  je rameno valivého odporu. Výslednou reakci  $R$  zpravidla rozkládáme na normálovou složku  $N$  a tečnou složku  $T_0$ . Tečná složka reakce  $T_0$  působí ve styku válce s podložkou v důsledku drsnosti dotýkajících se ploch. Nemá-li dojít k proklouznutí válce po podložce a tak k porušení valivé vazby, musí tečná reakce splňovat podmínku

$$T_0 \leq f \cdot N, \quad (4)$$

kde  $f$  je součinitel smykového tření mezi tělesy v místě styku. Této podmínce říkáme podmínka valení. Kdyby podmínka valení nebyla splněna, došlo by v místě kontaktu ke smykání.



Obr. 7 Valivé tření

Přesuneme-li složku reakce  $N$  do bodu  $P$  (obr. 7b), musíme připojit silovou dvojici  $M_v$ . Silové dvojici  $M_v$  říkáme moment valivého odporu. Její velikost je



$$M_v = e \cdot N \quad (5)$$

a působí proti smyslu valení válce. Moment valivého odporu  $M_v$  představuje pasivní odpor při valení. Velikost odporu při valení je dána velikostí ramena valivého odporu  $e$ , které závisí především na materiálu válce a podložky [1].

### 3.4 Trakční odpory

Trakčními odpory rozumíme pasivní odpory, které musí překonávat tažná síla, která je rovnoběžná s rovinou, po níž břemeno dopravujeme. Při vlečení břemena po vodorovné drsné rovině musíme překonávat smykové tření. Tažná síla je tedy dána vztahem

$$F = f \cdot Q. \quad (6)$$

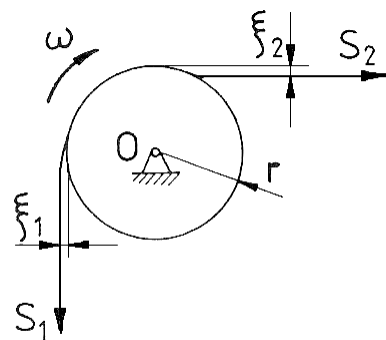
Abychom zmenšili potřebnou tažnou sílu, klademe břemeno na kola otočně uložená na základním rámu nebo pokládáme pod břemeno válec. Tím místo smykového tření překonáváme pouze valivý odpor při valení po válcích, nebo valivý odpor a čepové tření při dopravě břemena na kolech. Tažná síla je v těchto případech podstatně menší a vyjadřuje se vztahem

$$F = \psi \cdot Q. \quad (7)$$

Součinitel  $\psi$  se nazývá trakční součinitel a může být funkcí valivého odporu, čepového tření, poloměru čepů, kol nebo válců. Trakční součinitel se zpravidla určuje v celkové hodnotě  $\psi$  experimentálně podle změřené tažné síly. Např. pro železniční vozidla se udává  $\psi = 0,0015$  a pro automobil na asfaltové dráze je  $\psi = 0,01$  [1].

### 3.5 Tuhost vlákna

Lana a řemeny nejsou ve skutečnosti dokonale ohebné. Náhlá změna křivosti při jejich navíjení nebo odvíjení z kladky je provázána pasivními odpory. V důsledku těchto pasivních odporů nebudou lana a řemeny přesně sledovat tvar kladky (obr. 8). Při navíjení poněkud odlehnou a při odvíjení naopak na kladce ulpí, což lze



Obr. 8 Tuhost vlákna

charakterizovat rameny neohebnosti  $\xi_1$  a  $\xi_2$ . Vztah mezi  $S_1$  a  $S_2$ , které působí na lano nebo řemen vedený přes volně otočnou kladku, dostaneme po úpravě z momentové rovnice

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{r + \xi_1}{r - \xi_2} . \quad (8)$$

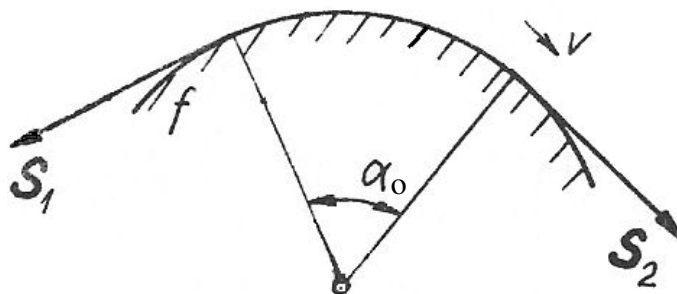
Hodnoty ramen neohebnosti  $\xi$  se zjišťují experimentálně. Závisí na materiálu, konstrukci lan a řemenů a na rychlosti navíjení [1].

### 3.6 Vláknové (pásové) tření

Při smykání vláken po povrchu těles s válcovou nebo obecně zakřivenou plochou, vzniká rovněž smykové tření, které se nazývá vláknové nebo-li pásové tření. Pro určení pasivních účinků vláknového tření předpokládáme ideální vlákno, tedy dokonale ohebné, neprodlužitelné a nehmotné. Dokonalá ohebnost vlákna se projevuje tím, že vlákno je vždy ve směru působící síly, takže přechod ze zakřivené plochy na směr působící síly je ve směru tečny k této ploše. Úhel  $\alpha_0$ , příslušný obecnému oblouku, ve kterém je vlákno ve styku s plochou, nazýváme úhel opásání (obr. 9). V důsledku smykového tření při pohybu vlákna po drsné zakřivené ploše, budou síly  $S_1$ ,  $S_2$  na obou koncích vlákna rozdílné a jsou dány vztahem

$$S_2 = S_1 \cdot e^{f \cdot \alpha_0} \quad (10)$$

Tato rovnice se nazývá Eulerův vztah a je vidět, že poměr obou sil nezáleží na tvaru plochy, ale pouze na úhlu opásání  $\alpha_0$  [1].



Obr. 9 Vláknové tření

## 4 Základní stavy tření:

V pasivních odporech můžou nastat čtyři základní stavy tření.

- tření tuhých těles (suché tření)
- tření kapalinové - vrstva materiálu , v které probíhá tření má vlastnosti kapaliny
- tření plyné - vrstva materiálu , v které probíhá tření má vlastnosti plynu
- tření plazmatické - vrstva materiálu , v které probíhá tření má vlastnosti plazmy

### 4.1 Suché tření

Suché tření nastává tehdy, kdy se určující materiálová oblast nachází v tuhém stavu. Dva díly se dotýkají naprosto suchými mikroskopicky drsnými povrchy, takže při jejich pohybu v zásadě dochází k velkému otěru.

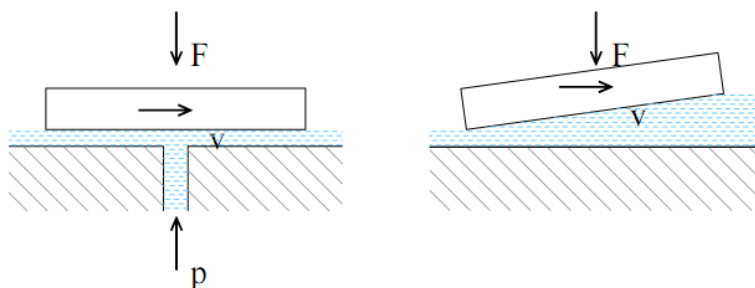
### 4.2 Mezné tření

Jestliže mezi třecími povrchy již existuje tenká vrstvička molekul plynu nebo kapaliny nebo látky vytvořené chemickou reakcí povrchů, mluvíme o mezném tření nebo o mezném mazání. K meznému tření může dojít i u záměrně mazaných povrchů, není-li přívod maziva dostatečný nebo vrstva maziva není dostatečně únosná. Za těchto podmínek se třecí plochy přiblíží natolik k sobě, že jejich bezprostřednímu styku brání již jen mezná vrstva maziva. V technické praxi vzniká mezné tření v případech, kdy při malých stykových plochách jsou třecí povrchy zatěžovány velkými tlaky, při malých smykových rychlostech a mezi drsnými povrchy [7].

### 4.3 Kapalinové tření

Při kapalinovém tření se docílí dokonalého oddělení třecích povrchů, kdy se vytváří mezi třecími povrchy souvislá vrstva maziva, která zcela vyrovnává drsnost povrchů a svým vlastním tlakem ruší účinek kolmého zatížení na povrchy těles. Třecí síla je tedy v podmínkách kapalinového tření závislá pouze na velikosti vnitřního tření v mazací vrstvě.

Má-li být mazací vrstva schopna přenášet zatížení, kterým jsou k sobě tělesa přitlačována, musí v ní být vytvořen odpovídající protitlak. Tohoto protitlaku se může dosáhnout dvěma způsoby a to hydrodynamicky nebo hydrostaticky (obr. 10) [7].

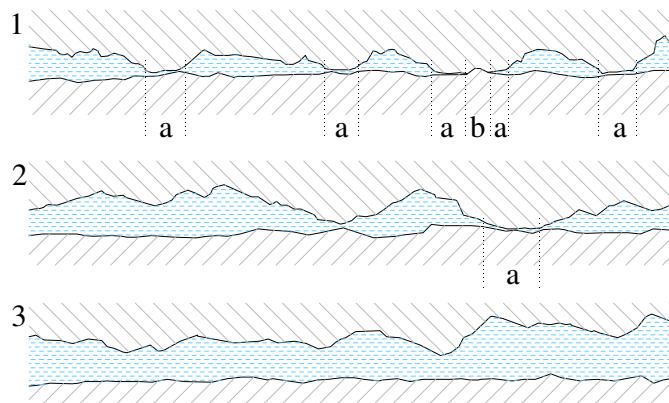


<sup>p</sup> Obr. 10 Vytváření protitlaku

### 4.4 Smíšené tření

Nejsou-li třecí plochy dokonale odděleny vrstvou maziva a dochází i k bezprostřednímu styku jejich nerovností, existuje mezi nimi tření smíšené, tj. jak tření kapalinové, tak i mezné. K tomuto druhu tření dochází, jestliže tloušťka maziva mezi povrchy je menší než tloušťka potřebná pro zajištění kapalinového tření, ale je větší než tloušťka tenkého filmu, který zajišťuje mazání mezné.

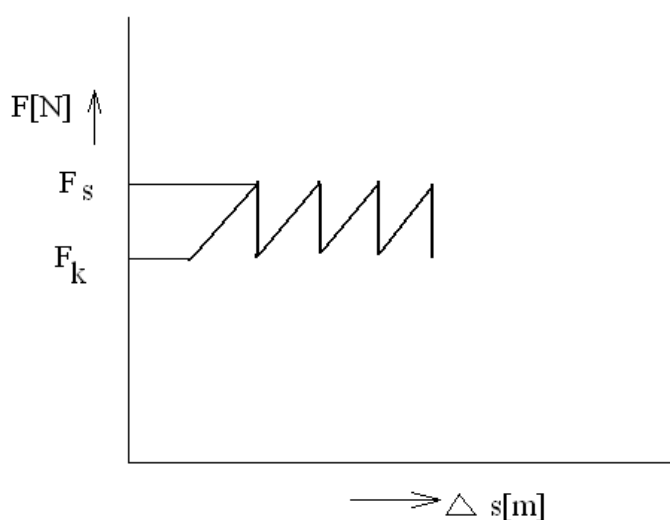
K přechodu mazání kapalinového na mazání smíšené může dojít při určité kombinaci parametrů, především velké zatížení a malá smykové rychlost třecích ploch. Na obr. 11 jsou zobrazeny stavy tření mezního (1), smíšeného (2) a kapalinového (3) [7].



Obr. 11 Stavy tření

## 5 Stick and slip efekt

Jak již bylo popsáno, existují dva koeficienty tření, a to statický koeficient tření při klidu obou smykajících se těles a dynamický koeficient tření při relativním pohybu smykajících se těles. Statický koeficient tření bývá zpravidla větší, což vede ke vzniku takzvaného Sick and Slip efektu. Anglický název tohoto fenoménu by se dal volně přeložit jako „přilepení a uklouznutí“. Třecí těleso po podložce tedy nekoná rovnoměrný pohyb, ale jeho pohyb je skokový. Na obr. 12 je znázorněn graf pilového průběhu třecí síly.



Obr. 12 Graf pilového průběhu třecí síly

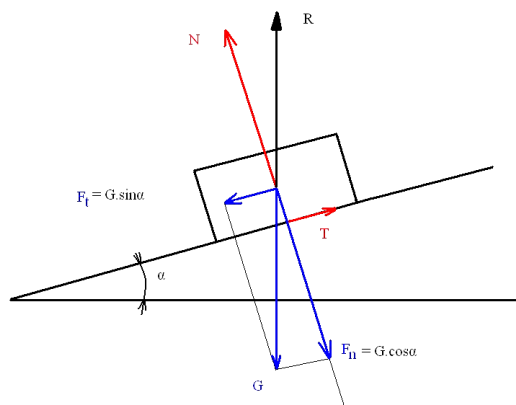
## 6 Metody stanovení pasivních odporů

Na měření tření slouží přístroje zvané tribometry. V praxi nás zajímají oba koeficienty tření, jak statický, tak dynamický. Ne však všechny tribometry umožňují měřit oba tyto druhy tření. To znamená, že každý tribometr nedokáže změřit tzv. stick and slip efekt.

### 6.1 Metoda nakloněné roviny

Pro měření koeficientu tření lze použít metodu nakloněné roviny. Ta umožňuje nejjednodušší způsob měření statického koeficientu tření, ale pomocí této metody lze měřit i dynamický koeficient tření. Na obr. 13 je vidět, že je síla tření reakce, která působí proti směru síly a snaží se tělesa ve směru jejich styčné plochy posunout. Dokud relativní pohyb nenastane, má s ní stejnou velikost. Přitom může nejvýše dosáhnout hodnoty, kterou udává rovnice

$$T = f \cdot N. \quad (11)$$



Obr. 13 Nakloněná rovina

Těleso na nakloněné rovině je v klidu, to znamená, že tíha  $G$  se ruší s reakcí podpory  $R$ .

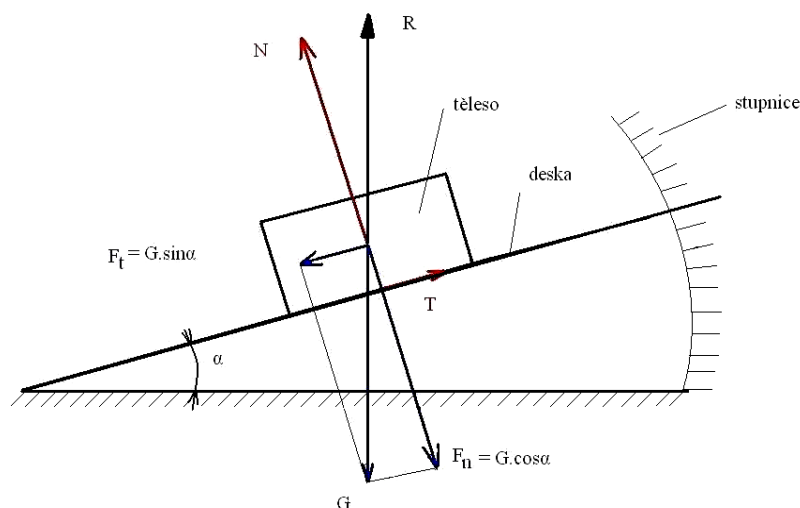
$$R = G \quad (12)$$

Pokud platí tato rovnice, ruší se i složky obou sil v kolmém i v tečném směru k nakloněné rovině. Kolmá složka tíhy  $F_n$  je v rovnováze s kolmou složkou  $N$  reakce roviny a tečná složka váhy  $F_t$  je v rovnováze s tečnou složkou  $T$  reakce roviny, která je silou tření. Pomocí rovnic je snadné najít vztah mezi koeficientem tření a úhlem tření  $\alpha$ .

$$F_t = T = G \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

$$F_n = N = G \cdot \cos \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{F_t}{F_n} = \frac{T}{N} = \frac{G \cdot \sin \alpha}{G \cdot \cos \alpha} = f \quad (14)$$

K vyšetřování pohybu tělesa po nakloněné rovině slouží tzv. sklonný tribometr (obr. 14), zařízení je konstruováno tak, aby šel měnit úhel sklonu  $\alpha$  nakloněné roviny.



Obr. 14 Schéma sklonného tribometru

Sklonný tribometr je zařízení, které umožňuje vyšetřovat pohyb smýkaného tělesa jako pohyb po nakloněné rovině. Aby bylo možné vyšetřovat smykové tření mezi různými dvojicemi těles, jsou deska a těleso vyměnitelné. Měření na přístroji se provádí tak, že postupně je zvětšován úhel  $\alpha$ . Při každém nastavení úhlu  $\alpha$  je uvedeno těleso mírným poklepem do pohybu. Při jisté hodnotě úhlu  $\alpha$  se rovnoměrně zpožděný pohyb tělesa změní v pohyb rovnoměrný nebo zrychlený s malým zrychlením. V okolí tohoto úhlu je snaha co nejpresněji určit úhel odpovídající rovnoměrnému pohybu, pro takový úhel platí

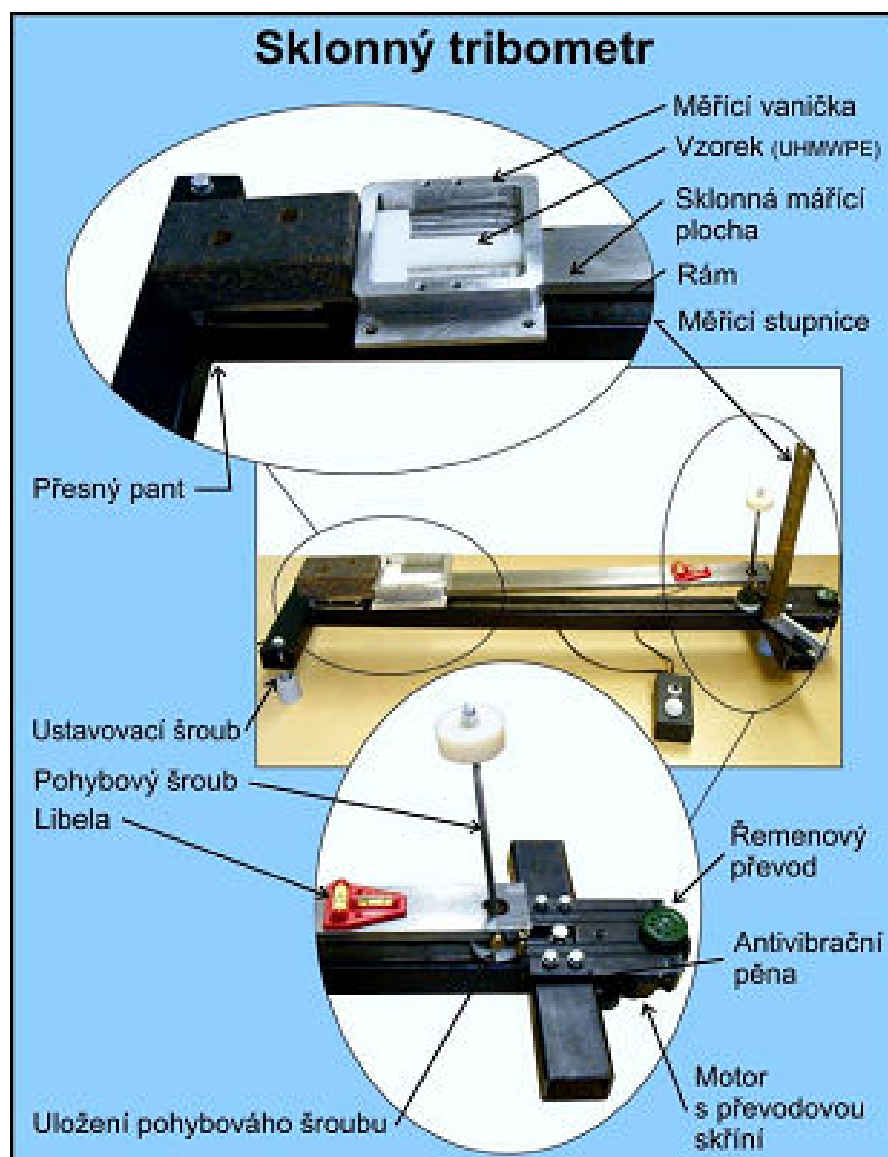
$$\operatorname{tg} \alpha = f_k. \quad (15)$$

Hledá-li se statický koeficient smykového tření, zvětšuje se sklon nakloněné roviny, dokud se těleso neuvede do pohybu. Pro odpovídající úhel platí

$$\operatorname{tg} \alpha = f_s, \quad (16)$$

úhel  $\alpha$  sklonu nakloněné roviny je odečten přímo na stupnici úhlooměru, kterým je tribometr opatřen.

Ukázku sklonného tribometru máme na obr. 15.

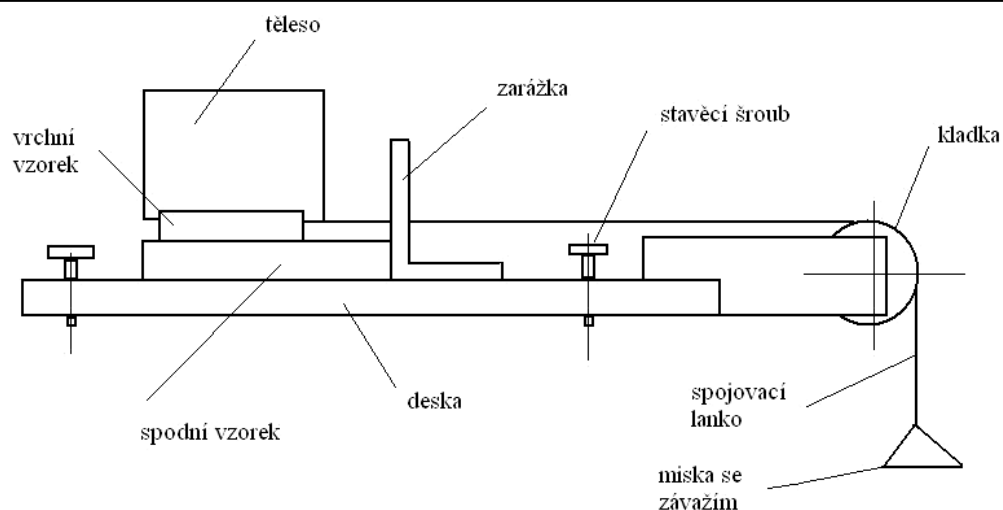


Obr. 15 Sklonný tribometr

## 6.2 Metoda měření koeficientu tření na vodorovném tribometru

Vodorovný tribometr se skládá z desky, smýkajícího tělesa spojeného přes lanko a kladku s miskou, na kterou se klade závaží (obr. 16). Deska i těleso jsou vyměnitelné a zhotoví se vždy z toho materiálu, jehož vlastnosti se chce měřit. Deska se klade mezi zářázky, které současně slouží jako zářázky pro smýkané těleso.





Obr. 16 Vodorovný tribometr

Měření se provádí tak, že je postupně zvyšována hmotnost závaží na misce, dokud se těleso neuvede do pohybu. Jako závaží se používá např. písek nebo kapalina. V tomto případě poměr síly  $F_m$  (tíha misky a závaží) k síle  $N_s$  (tíha smykajícího tělesa) udává statický koeficientu smykového tření  $f_s$ . Měří-li se dynamický koeficient smykového tření, uvádí se smýkané těleso po vložení závaží na misku do pohybu mírným poklepem ve směru síly  $F_m$ . Volbou závaží se nastaví rovnoměrně přímočarý pohyb resp. přechod mezi rovnoměrně zpožděným a rovnoměrně zrychleným pohybem. Toto stanovení pohybu se provádí odhadem. Poměr síly  $F_m$ , která odpovídá rovnoměrnému přímočarému pohybu smykaného tělesa k jeho tíze  $N_s$ , udává dynamický součinitel smykového tření  $f_k$ . Měření je vhodné opakovat při různých hodnotách síly  $N_s$ . Zvětšení síly  $N_s$  se dosáhne přidáním závaží na smýkané těleso.

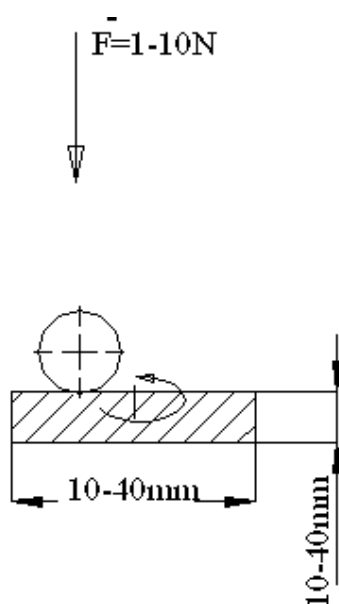
### 6.3 Metody měření tření vtláčováním pomocí tělíska

Měření spočívá ve vtláčování pevně uchyceného zkušebního tělíska (pin, cylinder nebo block) ve tvaru nerotující kuličky nebo válečku ze zvoleného materiálu předem definovanou silou do disku, desky nebo do kroužku (zkušební vzorku). Nejdůležitější částí zařízení je elastické rameno, ve kterém je uchycen přípravek, do kterého se vkládá tělísko. Nezbytnou součástí je i třecí snímač. Koeficient tření mezi tělískem a zkušebním vzorkem je určován během testu měřením odchylky elastického ramene. U některých zařízení je pec, která umožňuje zjistit tribologické chování zvoleného materiálu při vysokých teplotách (max. 1000°C). Přístroje

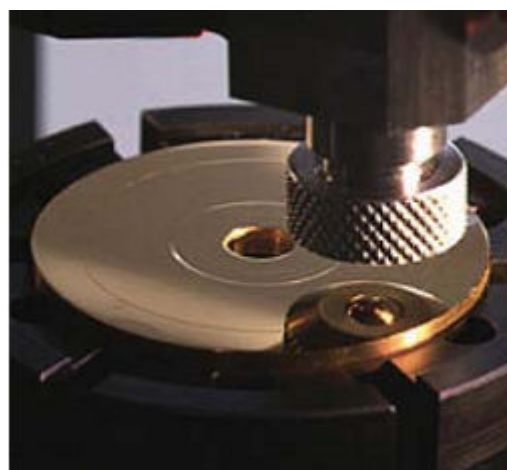
pracující na tomto principu mohou měřit dynamický koeficient i statický koeficient tření. Pomocí těchto zkoušek je možné zjistit tření mezi dvěma libovolně zvolenými materiály [8].

### 6.3.1 Pin on disk

#### a) svislá osa

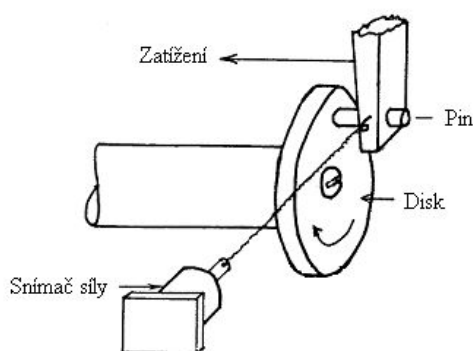


Obr. 17 Schéma měření pin on disk  
(svislá osa)

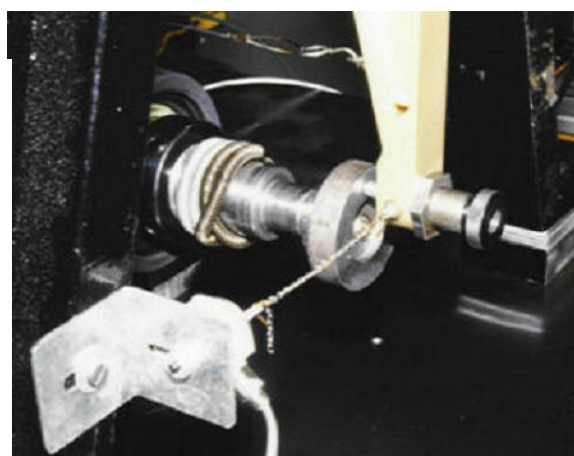


Obr. 18 Měření pin on disk (svislá osa)

#### b) vodorovná osa



Obr. 19 Schéma měření pin on disk  
(vodorovná osa)

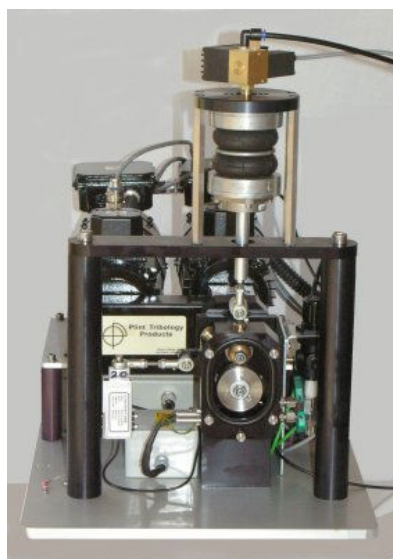


Obr. 20 Měření pin on disk (vodorovná osa)

### 6.3.2 Pin on ring



Obr. 21 Schéma měření pin on ring

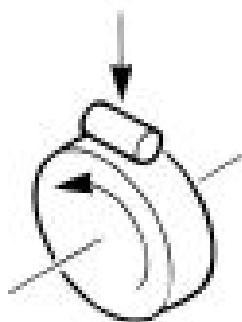


Obr.22 Měření pin on ring



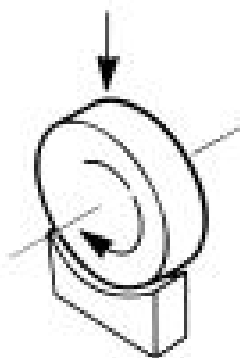
Obr.23 Detail měření pin on ring

### 6.3.3 Cylinder on ring

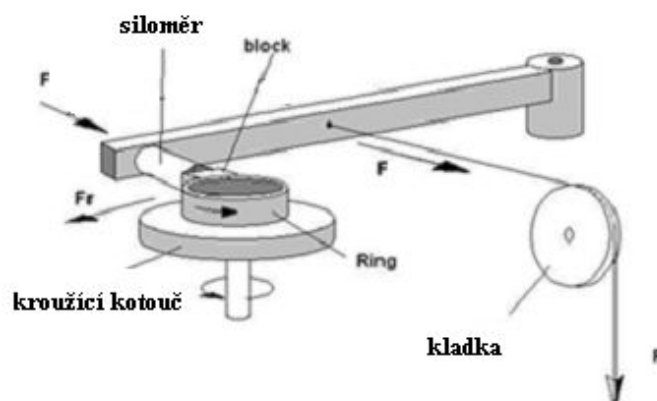


Obr. 24 Schéma měření cylinder on ring

### 6.3.4 Block on ring

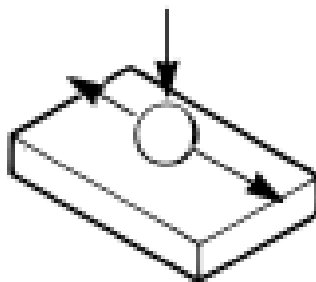


Obr. 25 Schéma měření block on ring



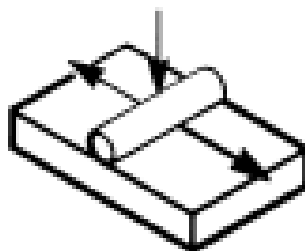
Obr. 26 Měření block on ring

### 6.3.5 Pin on plate



Obr. 27 Schéma měření pin on plate

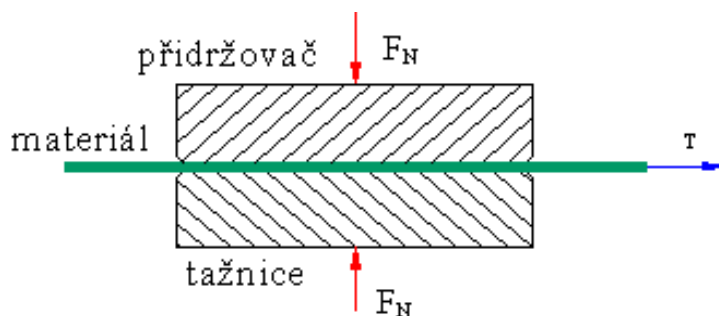
### 6.3.6 Cylinder on plate



Obr. 28 Schéma měření cylinder on plate

## 6.4 Měření tření mezi přidržovačem a tažnicí

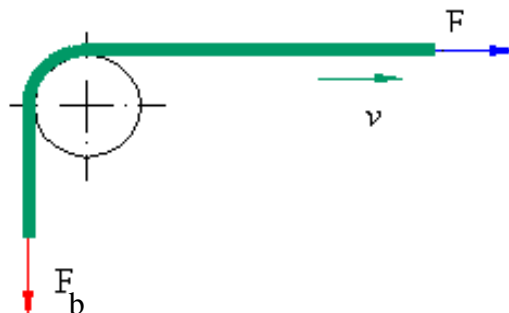
Modelování procesu tření při posuvu tvářeného materiálu mezi přidržovačem a tažnicí je jeden z nejrozšířenějších testů. Princip spočívá v protahování pásu testovaného materiálu mezi zkušebními čelistmi (obr. 20). Zřejmou výhodou tohoto testu je snadné nastavení podmínek testu (rychlosti protahování pásu a velikosti normálního zatížení čelisti  $F_N$ ) a snadné měření sledované veličiny  $T$  (třecí síly) [7].



Obr. 29 Schéma měření mezi přidržovačem a tažnicí

## 6.5 Měření tření na tažné hraně

Princip tohoto testu spočívá v tažení zkušebního vzorku přes tažnou hranu tažnice, která je zde reprezentována válečkem o zvoleném poloměru. Vzorek je tažen konstantní rychlostí  $v$ . Měřítkem pro posouzení tribologických poměrů vznikajících na tažné hraně je zde velikost tažné síly  $F$ . Velikost tažné síly závisí na velikosti protitahu brzdící síly  $F_b$ , délkou styku testovaného materiálu s tažnou hranou (tzv. úhlu opásání), koeficientem tření na tažné hraně a mechanickými vlastnostmi protahovaného vzorku. Schematické znázornění uspořádání tohoto testu je na obr. 30 [7].



Obr. 30 Schéma měření na tažné hraně

## 7 Experimentální měření pasivních odporů

Jak vyplývá z názvu bakalářské práce, stěžejním problémem je stanovení pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletařského stroje.

Celou experimentální část lze rozdělit na tři části. První část se zabývá návrhem metodiky měření a popis použitých částí měřícího zařízení. Ve druhé je uveden popis měření, popis zpracování dat a samotné měření tahové síly zdvihu platiny. A ve třetí části je z naměřených hodnot stanoven statický a dynamický koeficient tření.

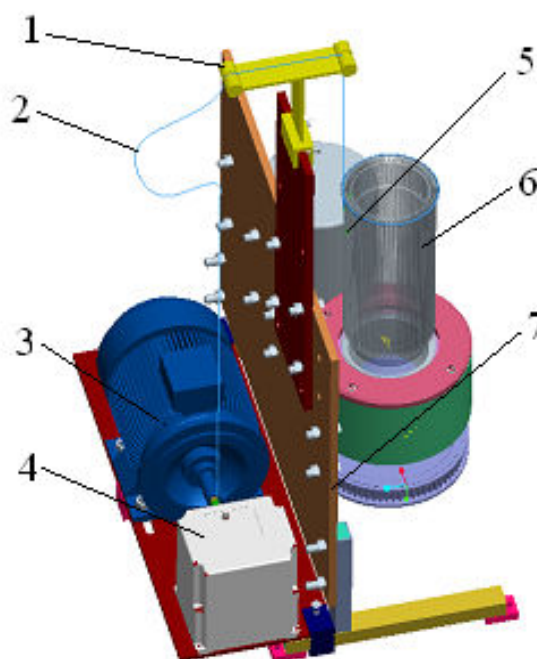
### 7.1 Navržení metodiky měření pasivních odporů

Úkolem bylo na měřícím zařízení, které bylo k dispozici na Katedře textilních a jednoúčelových strojů, navrhnout metodiku měření pasivních odporů na příkladu pohybu jehly, popř. platiny v drážce jehelního válce pletařského stroje. Hlavními dvěma podmínkami návrhu metodiky měření je zajištění konstantní rychlosti zdvihu platiny v drážce jehelního válce a její opakované nastavení.

Řešení je provedeno pomocí navíjení nitě, v našem případě vlasce na hřídel motoru typu SLh80-B. Navíjení povede přes navrženou konstrukci až k platině, kde vlasec bude upevněn za kolénko platiny (obr. 31).

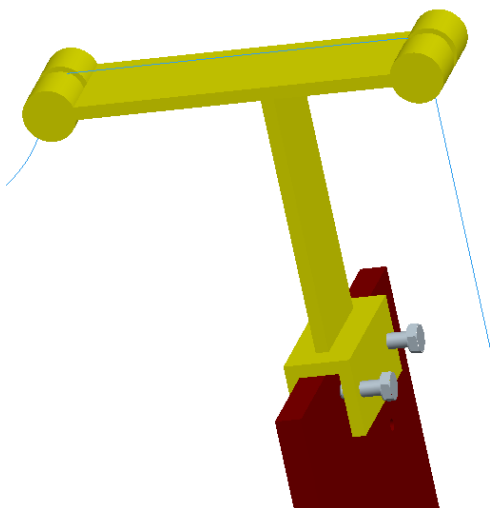
#### Popis modelu:

1. Svařenec
2. Vlasec
3. Motor
4. Frekvenční měnič
5. Platina
6. Jehelní válec
7. Základová deska

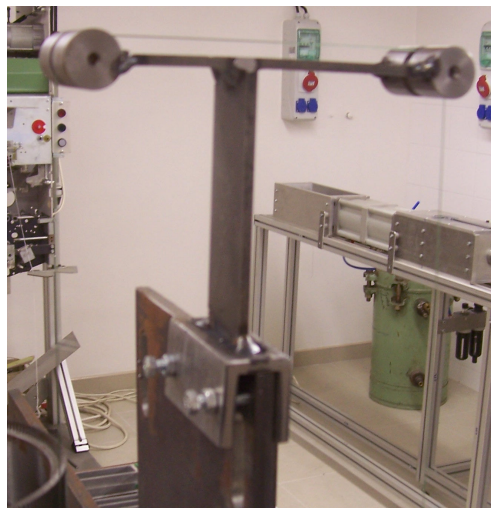


Obr. 31 Model měřícího zařízení

Pro zajištění konstantní rychlosti a omezení chyby měření se nechá motor rozběhnout přibližně 2 s. To je provedeno vyvěšením vlasce mezi motorem a konstrukcí svařence. Druhá podmínka, a to opakovatelné nastavení rychlosti zdvihu platiny je zajištěna frekvenčním měničem, na kterém se při změně frekvence mění rychlost otáček hřídele motoru. Nedílnou součástí návrhu je navržení konstrukce přes kterou povede vlasec viz obr. 32 a 33.

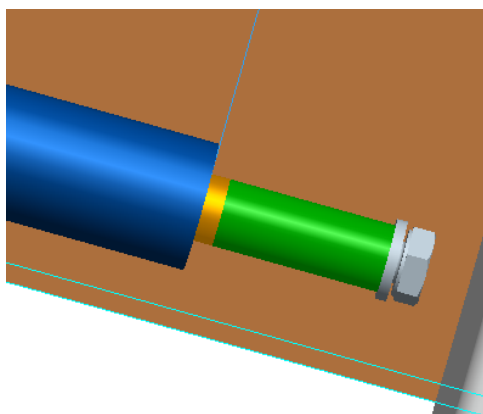


Obr. 32 Model svařence

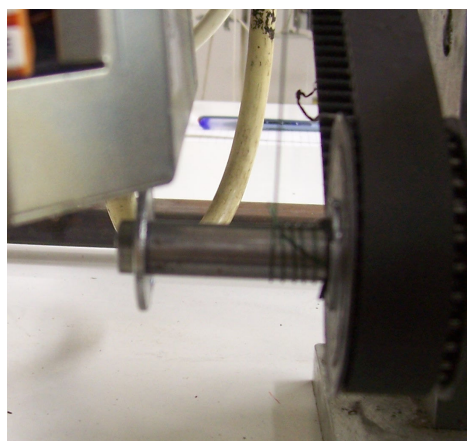


Obr. 33 Foto svařence

Dále je navrženo uchycení vlasce na hřídeli motoru. Zde jsou použity váleček o průměru 10 mm a pryž, které se připevní ke hřídeli šroubem M6x40 a podložkou viz obr. 34 a 35.



Obr. 34 Model uchycení vlasce



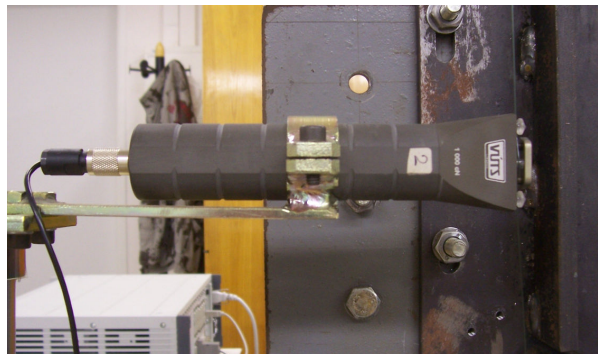
Obr. 35 Foto uchycení vlasce

Síla, která vznikne při zvedání platiny z drážky jehelního válce pletařského stroje je snímána snímačem tahové síly VÚTS s rozsahem 0-1000cN na obr.36 a 37.





Obr. 36 Model snímače



Obr. 37 Foto snímače

## 7.2 Vlastní měření

Na obr. 38 je měřicí pracoviště pro měření tahové síly při zdvihu platiny z drážky jehelního válce pletářského stroje a na obr. 39 je blokové schéma měření.

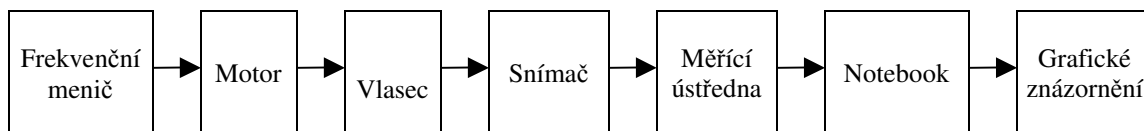
### Popis pracoviště:

1. Měřicí ústředna HBM - MGCplus
2. Notebook – grafické znázornění
3. Frekvenční měnič – CIMR – J7AZB0P7
4. Svařenec – navržená konstrukce
5. Jehelní válec – zaběhaný nebo nezaběhaný
6. Snímač VÚTS – rozsah 0 – 1000 cN
7. Motor SLh80-B – jmenovité otáčky 1390 ot/min



Obr. 38 Foto měřicího pracoviště

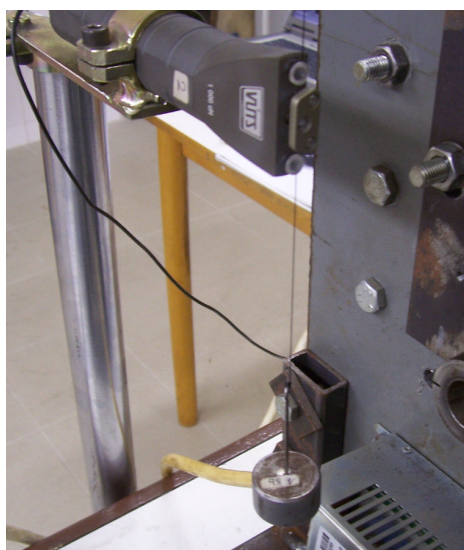




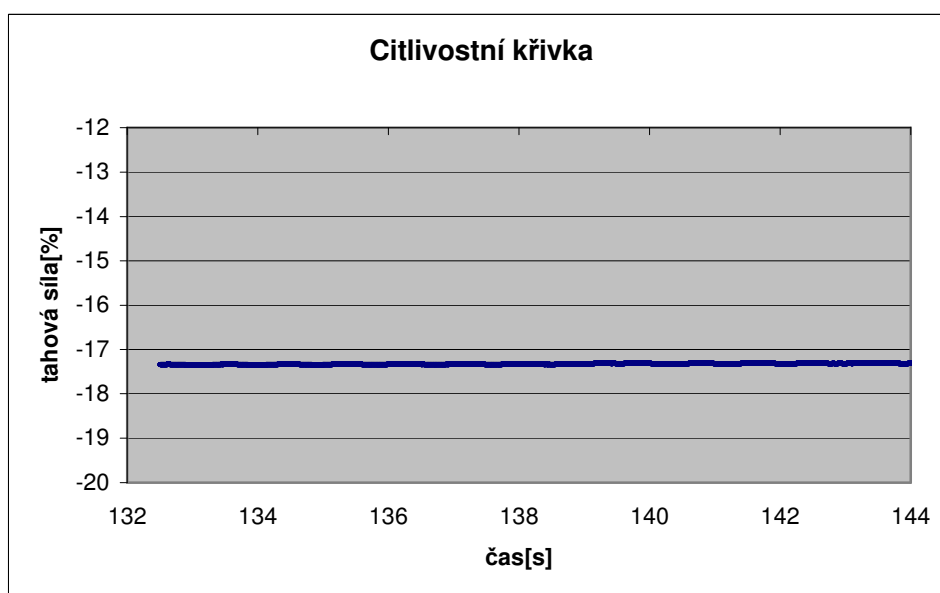
Obr. 39 Blokové schéma

### 7.2.1 Citlivost snímače

Před začátkem měření se musí u snímače tahové síly VÚTS zjistit citlivost. Nastavení citlivosti snímače je zajištěno pomocí závaží o hmotnosti 307 gramů (obr. 40). Tomuto zatížení odpovídá citlivostní křivka na obr. 41.



Obr. 40 Foto z cejchování



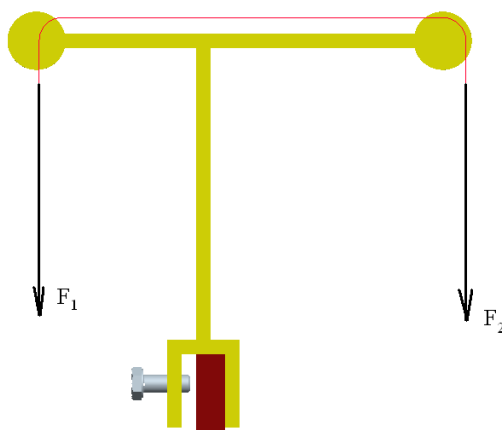
Obr. 41 Graf citlivostní křivky (závislost tahové síly na čase)

Z grafu vidíme, že se křivka ustálila na  $-17,31\%$ , z čehož plyne, že  
 $-17,31\% \approx 307g \approx 3,01167 N$ .

Z tohoto vztahu se poté budou přepočítávat všechny dosažené výsledky měření.

Jelikož se bude měřit pomocí snímače tahové síly až za konstrukcí svařence, nebudou síly před a za svařencem stejné (obr. 42). Pomocí měření byl vypočten koeficient  $k$ , který má hodnotu 1,47. Přes tento koeficient  $k$  se budou také přepočítávat naměřené hodnoty.

$$F_1 = F_2 \cdot k \quad k = 1,47 \quad (17)$$

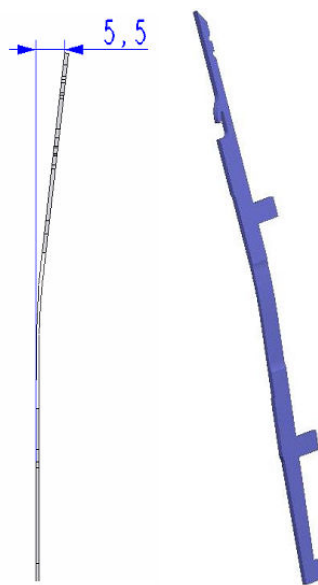


Obr. 42 Síly od vlasce

### 7.2.2 Postup měření

Než se začne měřit musí se platina před vložením do jehelního válce předpružit tak, že se ohne v místě vybrání o určitý poloměr, aby jeden konec platiny byl ohnutý daným směrem. V našem případě o hodnotu 5,5 mm (viz. obr. 43). Předpružení je zde proto, aby platina nevypadla ze svislé drážky jehelního válce.

Když je platina ohnuta, je vložena do drážky jehelního válce pletařského stroje. Poté se vezme vlasec, který je mezi čelem hřídele motoru a pryží přichycen pomocí šroubu M6x40. Vlasec je veden přes snímač tahové síly a konstrukcí svařence až k platině, kde se přichytí uzlem ke kolénku platiny.



Obr. 43 Předpružená platina

Nyní se nastaví na frekvenčním měniči frekvence, která je požadována. Frekvenční měnič má jmenovitou frekvenci 50 Hz, které odpovídá 1390 ot/min hřídele motoru. Proto byla vytvořena tabulka pro převod nastavované frekvence na otáčky motoru za sekundu a rychlost zdvihu platiny (tab. 1). Pro měření statického koeficientu tření bude nastavena frekvence na 4 Hz a při měření dynamického koeficientu tření na 8 Hz

Tab.1 Přepočítání mezi frekvencí a rychlostí zdvihu

frekvence[Hz]	otáčky motoru[ot/s]	rychlost zdvihu[mm/s]
1	0,46	14,54
2	0,93	29,09
3	1,39	43,64
4	1,85	58,19
5	2,32	72,74
6	2,78	87,29
7	3,24	101,84
8	3,71	116,39
9	4,17	130,94
10	4,63	145,49

Poté co je nastavena požadovaná frekvence, vyvěsí se vlasec tak, aby měl motor dostatečný prostor pro rozběh. V našem případě to jsou přibližně 2 s. Nyní můžeme spustit motor tlačítkem start, které je na frekvenčním měniči. Vlasec se postupně začne namotávat na váleček a až se vyčerpá vyvěšení dojde k pohybu platiny. Vlasec začne táhnout platinu určitou silou, která se pomocí snímače a měřicí ústředny přenese do notebooku, kde je graficky znázorněn.

### 7.2.3 Postup zpracování dat

V zadání této bakalářské práce je uvedeno, že má být provedeno statistické vyhodnocení měření pasivních odporů, a proto je zde uveden postup zpracování naměřených dat.

Pokud již máme hodnoty získané měřením, vypočteme aritmetický průměr  $\bar{x}$  všech naměřených hodnot  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} . \quad (18)$$

Poté se vypočte výběrová směrodatná odchylka (jednoho měření) označenou  $s$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (19)$$

a výběrová směrodatná odchylka  $\bar{s}$  střední hodnoty

$$\bar{s} = \frac{s}{n} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (20)$$

Jako další vypočteme výslednou krajní chybu aritmetického průměru  $\bar{\kappa}(x)$

$$\bar{\kappa}(x) = t_{p,n} \cdot \bar{s}, \quad (21)$$

kde  $t_{p,n}$  je studentův součinitel. Pro pravděpodobnost 95% při 5 měření je  $t_{p,n} = 2,78$ . Výsledná chyba měření se zaokrouhlí na jednu platnou číslici vždy nahoru a zapíše se ve tvaru  $x = \bar{x} \pm \bar{\kappa}$  [5].

### 7.3.2 Měření tahové síly při statickém tření

Při měření tahových sil při statickém tření byly použity dva jehelní válce. První válec byl nezaběhaný, kdežto druhý byl již zaběhnut. Vzhledem k tomu, že každá platina i drážka má jinou toleranci, měřilo se dvěma způsoby. Při prvním se měřilo šest platin (obr. 44) v jedné drážce a ve druhém se měřilo šest drážek jednou platinou. Jak již bylo uvedeno, nastavována byla frekvence 4 Hz.

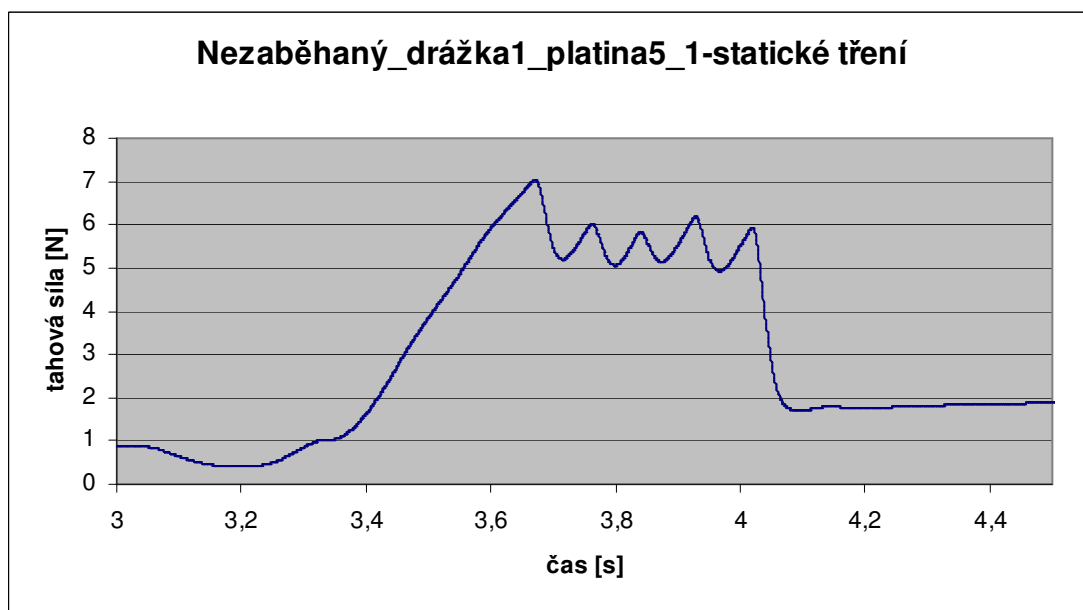


Obr. 44 Foto měřených platin

Po naměření hodnot byla zapsána hodnota, kdy se platina dá do pohybu. Tyto hodnoty se přepočítaly, statisticky vyhodnotily a zpracovaly do tabulek. Pod každou tabulkou je zobrazena ukázka grafu. Ostatní grafy jsou v příloze.

Tab.2 Nezaběhaný válec – 6 platin v 1 drážce – statické tření

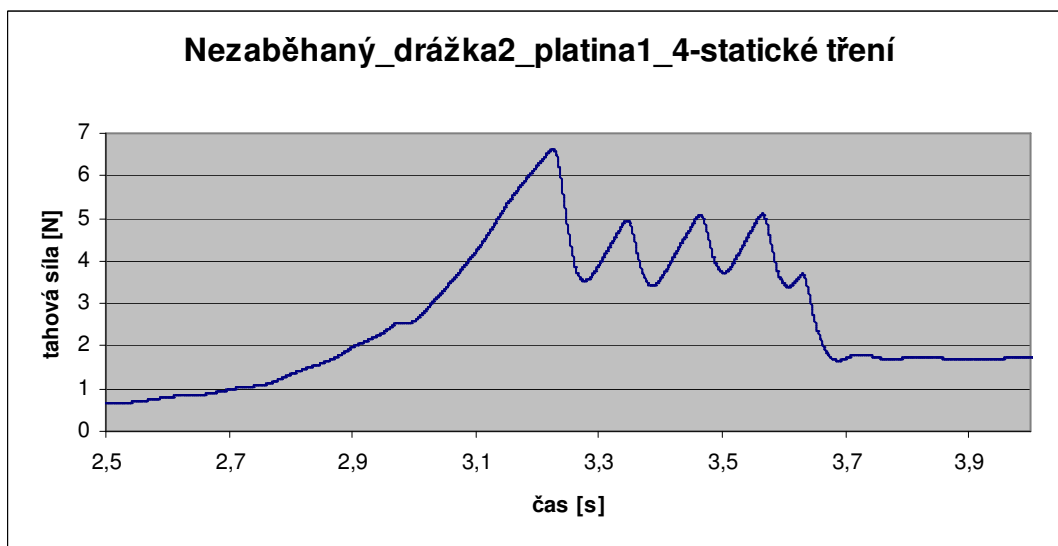
<b>Nezaběhaný válec - 6 platin v 1 drážce – Statické tření</b>										
	<b>Tahová síla [N]</b>					<b>Statistické vyhodnocení</b>				
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	$\bar{x}$	s	$\bar{s}$	$\bar{\kappa}$	Výsledek[N]
platina 1	6,23	6,41	5,96	5,70	6,37	6,13	0,30121	0,13471	0,37448	<b>6,1 ± 0,4</b>
platina 2	6,63	6,43	6,43	6,37	6,91	6,55	0,22129	0,09896	0,27512	<b>6,6 ± 0,3</b>
platina 3	5,87	6,02	5,72	5,32	5,44	5,67	0,29435	0,13164	0,36595	<b>5,7 ± 0,4</b>
platina 4	7,02	6,65	7,33	7,07	6,80	6,97	0,26303	0,11763	0,32702	<b>7,0 ± 0,4</b>
platina 5	6,70	6,50	6,68	6,71	6,44	6,61	0,12369	0,05532	0,15378	<b>6,6 ± 0,2</b>
platina 6	5,44	5,71	5,54	5,66	5,34	5,54	0,15096	0,06751	0,18768	<b>5,5 ± 0,2</b>



Obr. 45 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 5 - statické tření

Tab.3 Nezaběhaný válec – 1 platina v 6 drážkách – statické tření

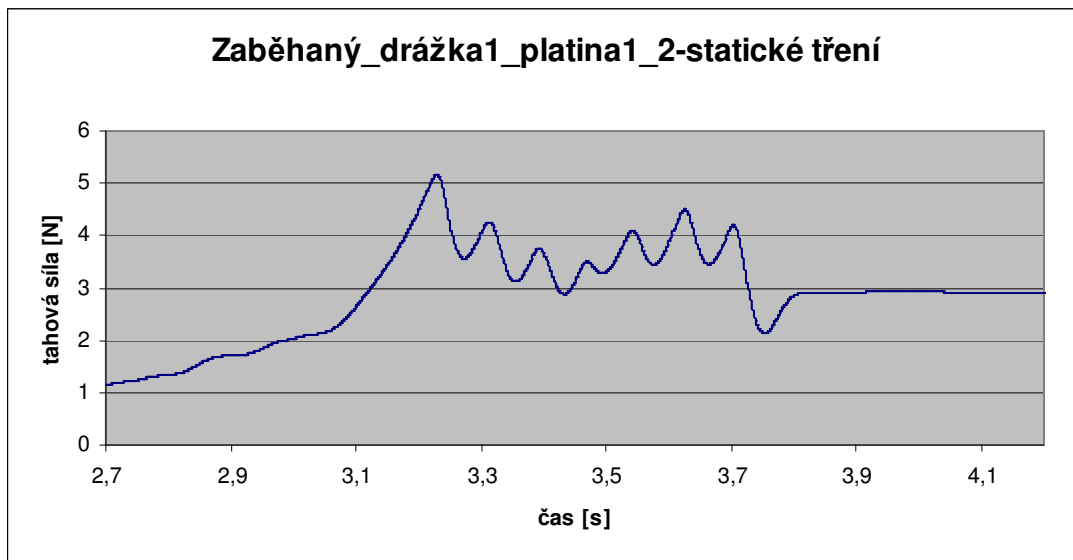
<b>Nezaběhaný válec - 1 platina v 6 drážkách – Statické tření</b>										
	<b>Tahová síla [N]</b>					<b>Statistické vyhodnocení</b>				
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	$\bar{x}$	s	$\bar{s}$	$\bar{\kappa}$	Výsledek[N]
drážka 1	6,23	6,41	5,96	5,70	6,37	6,13	0,30121	0,13471	0,37448	<b>6,1 ± 0,4</b>
drážka 2	6,56	6,28	6,23	6,30	6,59	6,39	0,1667	0,07455	0,20726	<b>6,4 ± 0,3</b>
drážka 3	6,39	6,64	6,04	5,89	5,88	6,17	0,33373	0,14925	0,41491	<b>6,2 ± 0,5</b>
drážka 4	6,02	6,40	6,11	5,61	5,99	6,03	0,28544	0,12765	0,35487	<b>6,0 ± 0,4</b>
drážka 5	6,63	6,53	6,49	6,95	6,36	6,59	0,22277	0,09963	0,27696	<b>6,6 ± 0,3</b>
drážka 6	6,99	6,76	6,85	6,49	6,70	6,76	0,18564	0,08302	0,2308	<b>6,8 ± 0,3</b>



Obr. 46 Graf nezaběhaného válce, drážky 2, platiny 1 - statické tření

Tab.4 Zaběhaný válec – 6 platin v 1 drážce – statické tření

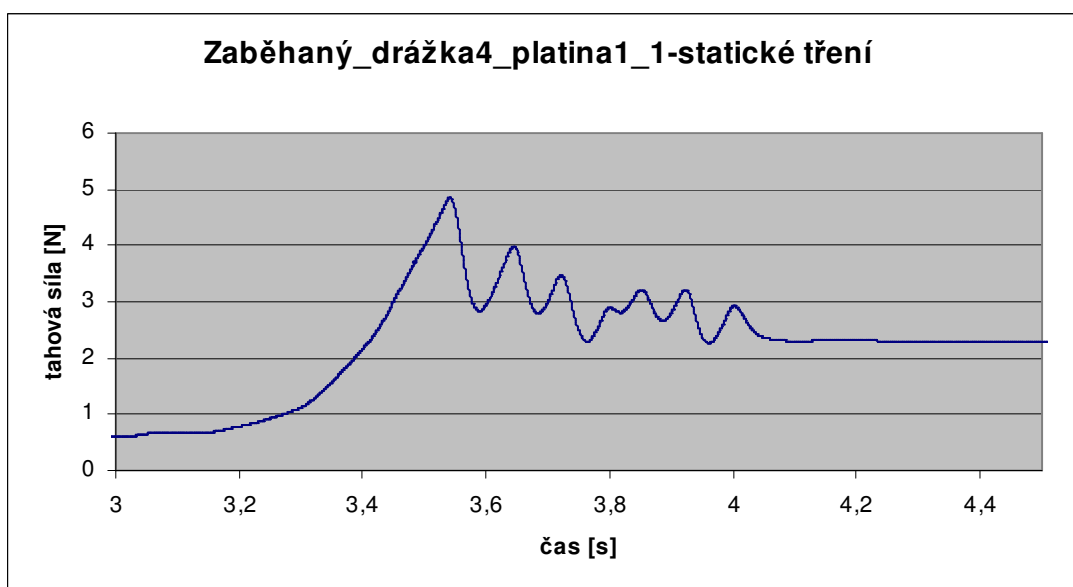
<b>Zaběhaný válec - 6 platin v 1 drážce – Statické tření</b>										
	<b>Tahová síla [N]</b>					<b>Statistické vyhodnocení</b>				
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	$\bar{x}$	s	$\bar{s}$	$\bar{\kappa}$	Výsledek[N]
platina 1	4,92	4,92	5,02	5,07	4,65	4,92	0,16034	0,07171	0,19935	<b>4,9 ± 0,2</b>
platina 2	5,55	5,81	6,11	5,65	6,16	5,86	0,27045	0,12095	0,33624	<b>5,9 ± 0,4</b>
platina 3	5,09	4,41	4,23	4,73	4,31	4,56	0,35564	0,15905	0,44216	<b>4,6 ± 0,5</b>
platina 4	6,32	5,64	5,38	5,62	6,14	5,82	0,39268	0,17561	0,4882	<b>5,8 ± 0,5</b>
platina 5	5,69	5,30	5,31	5,67	5,50	5,49	0,19027	0,08509	0,23656	<b>5,5 ± 0,3</b>
platina 6	5,01	5,53	5,11	5,17	5,06	5,18	0,20663	0,09241	0,25689	<b>5,2 ± 0,3</b>



Obr. 46 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1 - statické tření

Tab.5 Zaběhaný válec – 1 platina v 6 drážkách – statické tření

Zaběhaný válec - 1 platina v 6 drážkách – Statické tření										
	Tahová síla [N]					Statistické vyhodnocení				
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	$\bar{x}$	s	$\bar{s}$	$\bar{\kappa}$	Výsledek[N]
drážka 1	4,92	4,92	5,02	5,07	4,65	4,92	0,16034	0,07171	0,19935	<b>4,9 ± 0,2</b>
drážka 2	3,97	3,77	3,97	3,74	3,54	3,80	0,17804	0,07962	0,22134	<b>3,8 ± 0,3</b>
drážka 3	4,90	4,12	4,12	4,16	4,44	4,35	0,33846	0,15136	0,42079	<b>4,4 ± 0,5</b>
drážka 4	4,61	4,79	4,63	4,55	4,48	4,61	0,11538	0,0516	0,14345	<b>4,7 ± 0,2</b>
drážka 5	5,39	5,66	5,49	4,96	4,70	5,24	0,39694	0,17752	0,4935	<b>5,2 ± 0,5</b>
drážka 6	4,33	4,45	4,70	4,37	4,28	4,42	0,16515	0,07386	0,20532	<b>4,4 ± 0,3</b>



Obr. 47 Graf zaběhaného válce, drážky 4, platiny 1 - statické tření

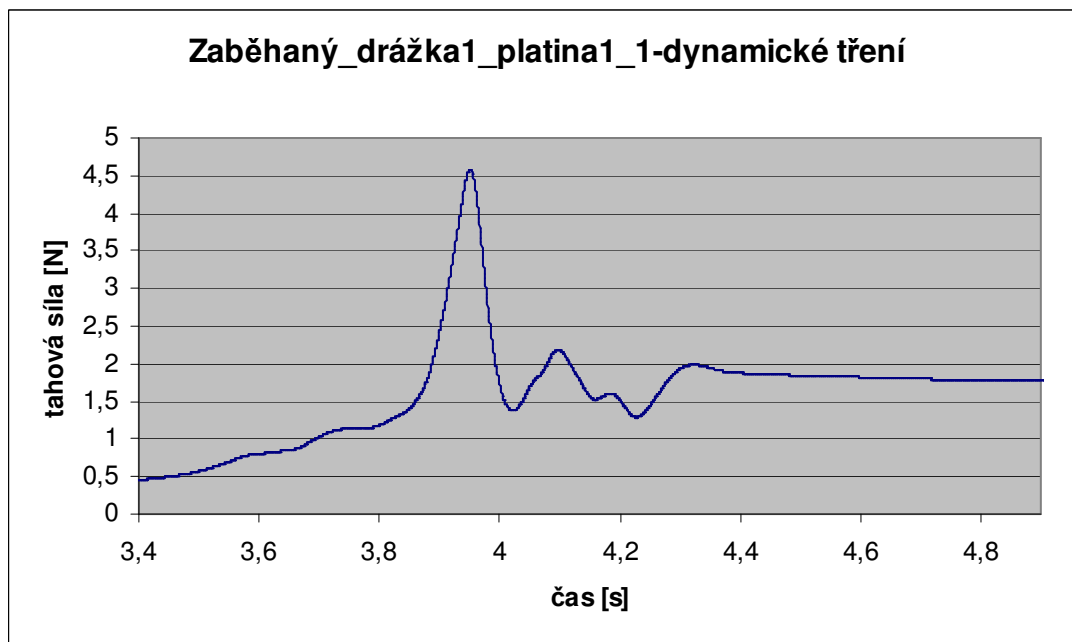
### 7.3.3 Měření tahové síly při dynamickém tření

Po nastavování různé frekvence, tedy rychlosti zdvihu platiny bylo zjištěno, že od frekvence 8 Hz až do 20 Hz jsou síly přibližně stejné a proto byla zvolena nastavovaná frekvence na 8 Hz. Pro měření tahové síly při dynamickém tření by bylo lepší měřit při vyšších frekvencích, tedy při vyšších rychlostech zdvihu platiny, ale měření bylo limitováno délkou drážky. Při nastavování vyšší frekvence bylo velice obtížné zastavit zdvih platiny v požadovaném místě, a proto byla měřena jen jedna drážka jednou platinou na zaběhaném válci.

Síla při tomto měření se po prvním odtrhnutí ustálí kolem síly, která byla odhadnuta z grafického znázornění a zapsána do tabulky 6. Ukázka grafického znázornění je na obr.48.

Tab.6 Zaběhaný válec– dynamické tření

<b>Zaběhaný válec - Dynamické tření</b>										
	<b>Tahová síla [N]</b>					<b>Statistické vyhodnocení</b>				
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	$\bar{x}$	s	$\bar{s}$	$\bar{\kappa}$	Výsledek[N]
platina 1	1,8	1,9	1,9	1,8	2,1	1,9	0,12247	0,05477	0,15227	<b>1,9 ± 0,2</b>



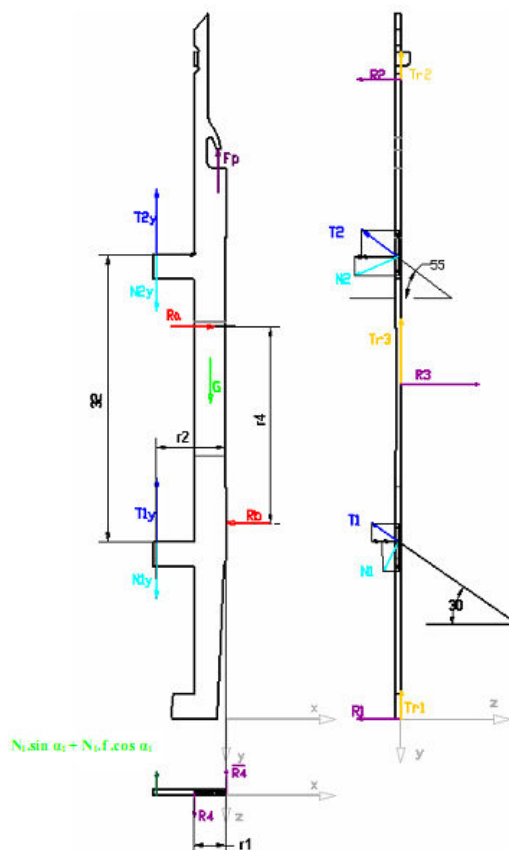
Obr. 48 Graf zaběhaného válce, drážky 4, platiny 1 – dynamické tření



## 7.4 Stanovení statického a dynamického koeficientu tření

Platina nebo jehla je namáhána celou řadou sil a jevů, které mají zásadní vliv na kinematické veličiny pohybu platiny, na silové působení na platinu a na pasivní odpory platiny. Velký problém představuje stanovení rozložení zatěžujících sil, stanovení jejich polohy a velikosti. Dále je důležité posoudit chování jehly v drážce a stanovení jejich elastických vlastností [6].

Na obr. 49 je zobrazené schéma zatížení platiny dvouválcového maloprůměrového pletacího stroje. Zatížení působí ve třech rovinách a je zde použito přímkových zámků pro rozběh s úhlem  $\alpha_1 = 30^\circ$  a pro dokončení pohybu s úhlem  $\alpha_2 = 55^\circ$ . Dle tohoto rozboru se po vložení platina opře ve třech místech o stěny drážky válce, v těchto místech styku vznikají reakce  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , které vytváří třecí sílu, ale nejsou to jediné síly co tuto třecí sílu vytvářejí. Tato třecí síla je hlavním předmětem této práce.



Obr. 49 Silové namáhání platiny

Síla  $F_p$  je vyvolána vlastní jehlou, kromě tahu příze v ní jsou zahrnuty též dynamické účinky, pasivní odpory a vlastní tíha jehly.  $N_1$  ( $T_1$ ) reakce od zámku pro rozběh ( $\alpha_1 = 30^\circ$ ),  $N_2$  ( $T_2$ ) je reakce od zámku pro dokončovací pohyb ( $\alpha_2 = 55^\circ$ ). Reakce  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  jsou od předpružení platiny v drážce jehelního válce a jsou v místě dotyku boků platiny a boků drážky.  $R_b$  je reakce v místě uložení platiny na dno drážky válce,  $R_a$  je reakce v místě uložení platiny zámku.

Při stanovení koeficientu at' už statického nebo dynamického se vycházelo ze známého vzorce

$$f = \frac{T_T}{N_N}, \quad (22)$$

kde  $T_T$  je naměřená tahová síla a  $N_N$  je součet všech normálových sil, které působí na platinu. Tento součet normálových sil byl zjištěn na Katedře textilních a

jednoúčelových strojů pomocí stlačovací zkoušky a bylo přibližně zjištěno, že  $N_N = 28 \text{ N}$ . Koeficienty tření byly přepočteny a doplněny do tabulek.

Tab.7 Nezaběhaný válec – 6 platina v 1 drážce – statický koeficient tření

<b>Nezaběhaný válec - 6 platin v 1 drážce</b>						
	<b>Statický koeficient tření</b>					
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	
platina 1	0,22	0,23	0,21	0,20	0,23	<b>0,22</b>
platina 2	0,24	0,23	0,23	0,23	0,25	<b>0,23</b>
platina 3	0,21	0,22	0,20	0,19	0,19	<b>0,20</b>
platina 4	0,25	0,24	0,26	0,25	0,24	<b>0,25</b>
platina 5	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23	<b>0,24</b>
platina 6	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	<b>0,20</b>

Tab.8 Nezaběhaný válec – 1 platina v 6 drážkách – statický koeficient tření

<b>Nezaběhaný válec - 1 platin v 6 drážkách</b>						
	<b>Statický koeficient tření</b>					
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	
drážka 1	0,22	0,23	0,21	0,20	0,23	<b>0,22</b>
drážka 2	0,23	0,22	0,22	0,23	0,24	<b>0,23</b>
drážka 3	0,23	0,24	0,22	0,21	0,21	<b>0,22</b>
drážka 4	0,22	0,23	0,22	0,20	0,21	<b>0,22</b>
drážka 5	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	<b>0,24</b>
drážka 6	0,25	0,24	0,24	0,23	0,24	<b>0,24</b>

Tab.9 Nezaběhaný válec – 6 platin v 1 drážce – statický koeficient tření

<b>Zaběhaný válec - 6 platin v 1 drážce</b>						
	<b>Statický koeficient tření</b>					
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	
platina 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	<b>0,18</b>
platina 2	0,20	0,21	0,22	0,20	0,22	<b>0,21</b>
platina 3	0,18	0,16	0,15	0,17	0,15	<b>0,16</b>
platina 4	0,23	0,20	0,19	0,20	0,22	<b>0,21</b>
platina 5	0,20	0,19	0,19	0,20	0,20	<b>0,20</b>
platina 6	0,18	0,20	0,18	0,18	0,18	<b>0,18</b>

Tab.10 Zaběhaný válec – 1 platina v 6 drážkách – statický koeficient tření

<b>Zaběhaný válec - 1 platin v 6 drážkách</b>						
	<b>Statický koeficient tření</b>					
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	
drážka 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	<b>0,18</b>
drážka 2	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	<b>0,14</b>
drážka 3	0,18	0,15	0,15	0,15	0,16	<b>0,16</b>
drážka 4	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	<b>0,16</b>
drážka 5	0,19	0,20	0,20	0,18	0,17	<b>0,19</b>
drážka 6	0,15	0,16	0,17	0,16	0,15	<b>0,16</b>

Tab.11 Zaběhaný válec – dynamický koeficient tření

<b>Zaběhaný válec - Dynamické tření</b>						
	<b>Dynamický koeficient tření</b>					
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	
platina 1	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	<b>0,07</b>

## 8 Diskuse k výsledkům měření

Z výsledku měření vyplynulo, že velikost tahové síly zdvihu platiny v drážce jehelního válce pletářského stroje závisí na rychlosti zdvihu platiny a také jestli byly drážky jehelního válce zaběhané nebo nezaběhané.

Zprůměrované výsledky koeficientu tření jsou uvedené v tab. 12.

Tab. 12 Výsledky měření

	Statický koeficient tření	Dynamický koeficient tření
Zaběhaný válec	0,18	0,07
Nezaběhaný válec	0,23	X

V této tabulce je vidět, že při měření statického koeficientu tření na zaběhaném válci, je koeficient tření menší než při měření na nezaběhaném jehelním válci. Dynamický koeficient byl měřen jen na zaběhaném válci, jelikož bylo velice složité zastavovat platinu včas při vyšších rychlostech.

Přesný výsledek koeficientu tření je velice těžké určit, protože každá platina i drážka jsou vyrobeny s jinou přesností, také předpružení platiny není stejné před vložením do drážky a po vyjmutí z drážky. Na výsledných grafech je také vidět tzv. stick and slip efekt a velký rozptyl naměřených hodnot. Výsledné koeficienty tření jsou tedy přibližnou hodnotou, jelikož i součet všech normálových sil, který byl proveden na Katedře textilních a jednoúčelových strojů je pouze přibližný.

Kdyby byly zapotřebí přesnější výsledky tahové síly při statickém tření, muselo by se měřit více platin ve více drážkách. A kdyby se chtěla měřit bez problémů i tahová síla při dynamickém tření, byla by potřeba měřit tahovou sílu při vyšších rychlostech zdvihu platiny a v mnohem delší drážce, ve které by se měření provádělo.

## 9 Závěr

Cílem této práce bylo navržení metodiky měření pasivních odporů na platině v drážce jehelního válce pletářského stroje. Dalším bodem bylo ze získaných experimentálně naměřených hodnot stanovit statický a dynamický koeficient tření.

V první části bakalářské práce byla provedena rešerše k pasivním odporům, jejich metody měření a krátké seznámení s pletářskou technologií.

Celý návrh metodiky měření se prováděl na měřícím zařízení, který byl k dispozici na Katedře textilních a jednoúčelových strojů. Na tomto zařízení byla navržena konstrukce, přes kterou se pomocí vlasce a otáček motoru posouvá platina z drážky jehelního válce. Síla, kterou jsme zvedali platinu, byla měřena snímačem tahové síly. Tato síla se statisticky vyhodnotila a pomocí součtu všech normálových sil působících na platinu byl stanoven statický a dynamický koeficient tření.

Hodnoty naměřené tahové síly byly zapsány do tabulek a vykresleny do grafů a koeficienty tření byly po přepočtení také zapsány do tabulek. Z těchto tabulek bylo patrné, že v drážkách zaběhaného jehelního válce při statickém tření je tahová síla, tedy i statický koeficient tření přibližně o 20% menší než v drážkách nezaběhaného jehelního válce. Tahová síla při dynamickém tření byla měřena jen na zaběhaném jehelním válci a bylo zjištěno, že je přibližně o 60% menší než tahová síla při statickém tření.



## Seznam použité literatury

- [1] Jáč, V., Polcar, M.: Mechanika I – Statika. Skripta VŠST, Liberec 1982.
- [2] Oliva, V., Olexa, J.: Úvod do teorie tření, opotřebení a kontaktního porušování. ČVUT, Praha 1978.
- [3] Kopal, J.: Pletařské, proplétací a splétací stroje – 1. část. Skripta TUL, Liberec 2006.
- [4] Kopal, J.: Pletařské, proplétací a splétací stroje – 2. část. Skripta TUL, Liberec 2007.
- [5] Machonský, L., Burianová, L., Čmelík, M.: Fyzikální laboratoře. Skripta TUL, Liberec 2004.
- [6] Bílek, M., Mrázek, J., Tomeh, T.: Stress analysis of the sinker in the groove on the circular knitting machines. TUL, Liberec 2007.
- [7] <<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/spt.htm>>.
- [8] <<http://www.ateam.zcu.cz>>.



## Seznam příloh

1. Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 platin v jedné drážce na nezaběhaném válci).
2. Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 drážek jednou platinou na nezaběhaném válci).
3. Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 platin v jedné drážce na zaběhaném válci).
4. Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 drážek jednou platinou na zaběhaném válci).
5. Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při dynamickém tření (měřeno jednou platinou jedna drážka na zaběhaném válci).
6. Výkresová dokumentace (výkres sestavy konstrukce byl získán z katedry textilních a jednoúčelových strojů a předlán)

Tab. 13 Výkresová dokumentace

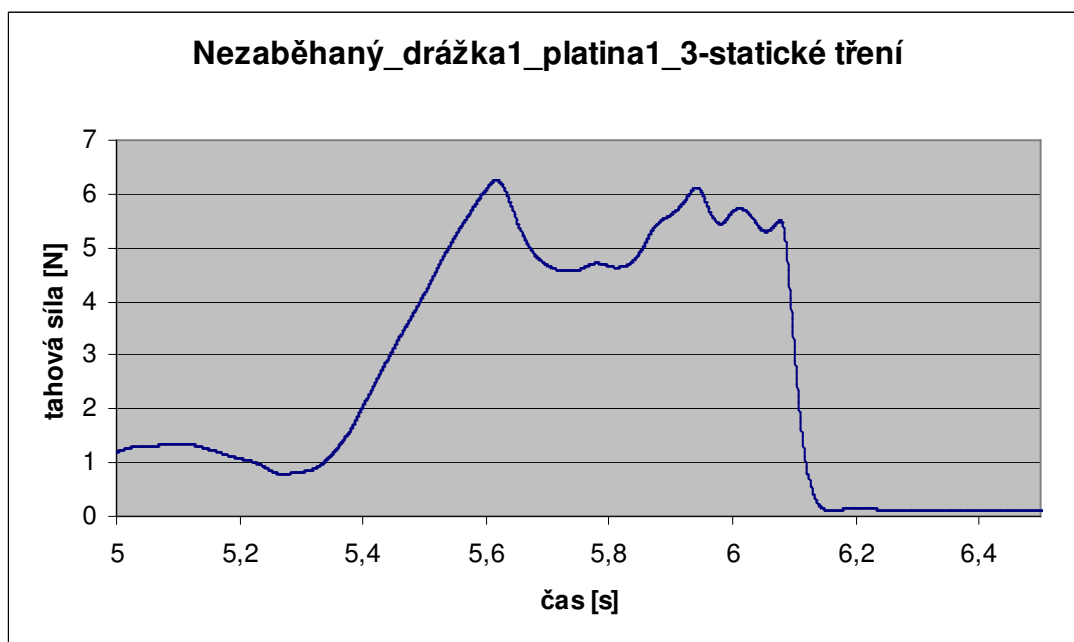
Název přílohy	Název výkresu	Číslo výkresu
Konstrukce	KONSTRUKCE	BP - A2 - 01
Svařenec	SVARENEC	BP - A3 - 01 - 01
Tyčka	TYCKA	BP - A4 - 01 - 01 - 01
Pouzdro nahoře	POUZDRO_NAHOŘE	BP - A4 - 01 - 01 - 02
Destička nahoře	DESTICKA_NAHOŘE	BP - A4 - 01 - 01 - 03
Deska konečná	DESKA_KONECNA	BP - A4 - 01 - 01 - 04
Deska dole	DESKA_DOLE	BP - A4 - 01 - 02
Pouzdro dole	POUZDRO_DOLE	BP - A4 - 01 - 03
Váleček 1	VALECEK1	BP - A4 - 01 - 04
Konstrukce - kusovník	KONSTRUKCE	BP - A2 - 01 - KS



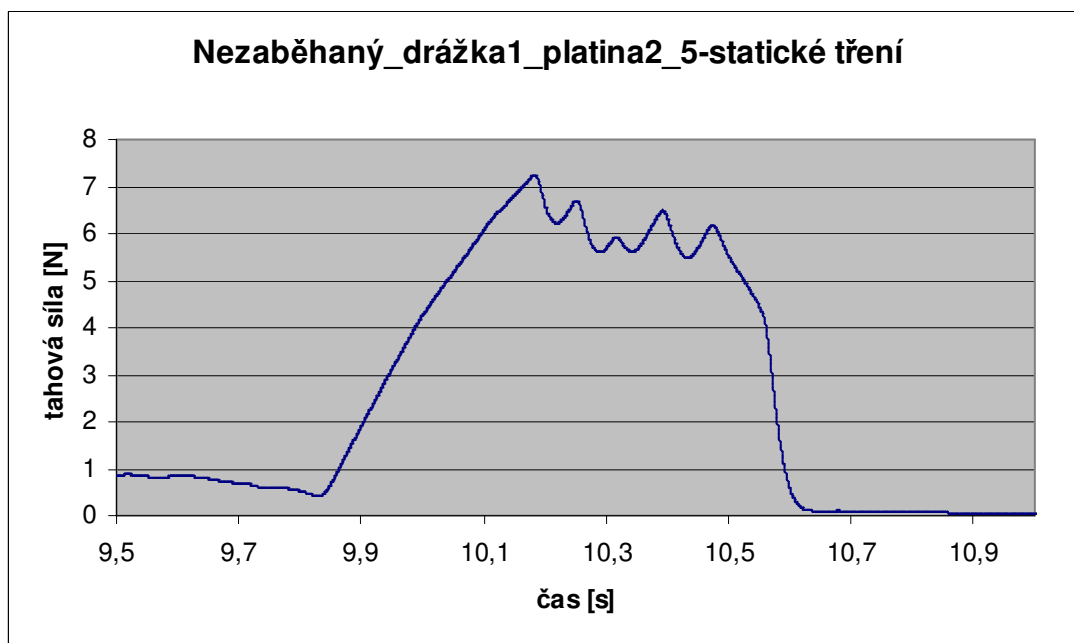
## **Příloha 1**

Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 platin v jedné drážce na nezaběhaném válci).

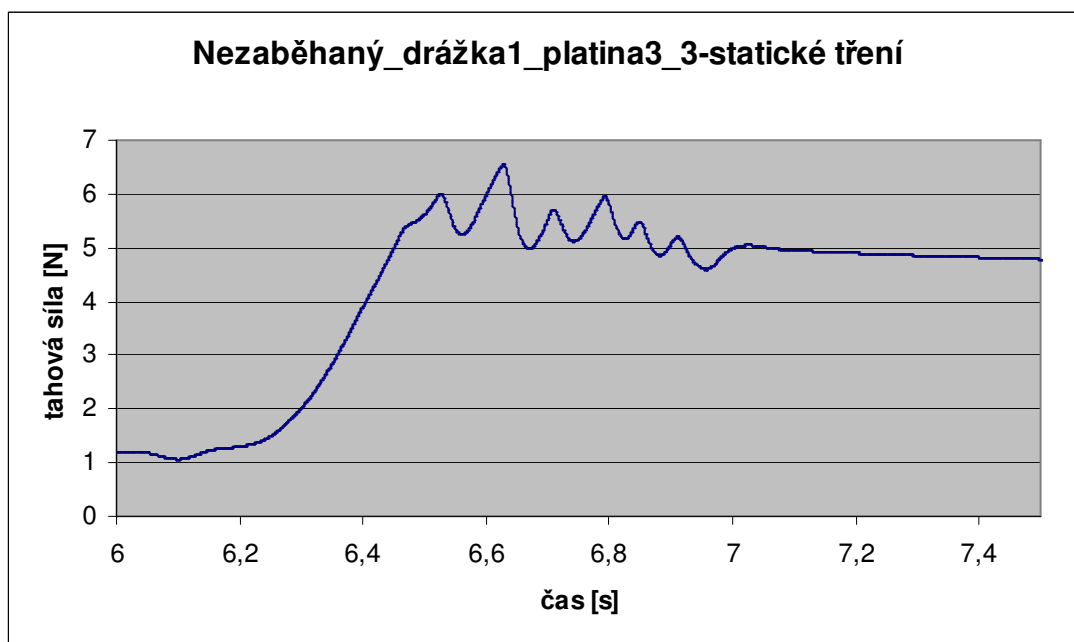




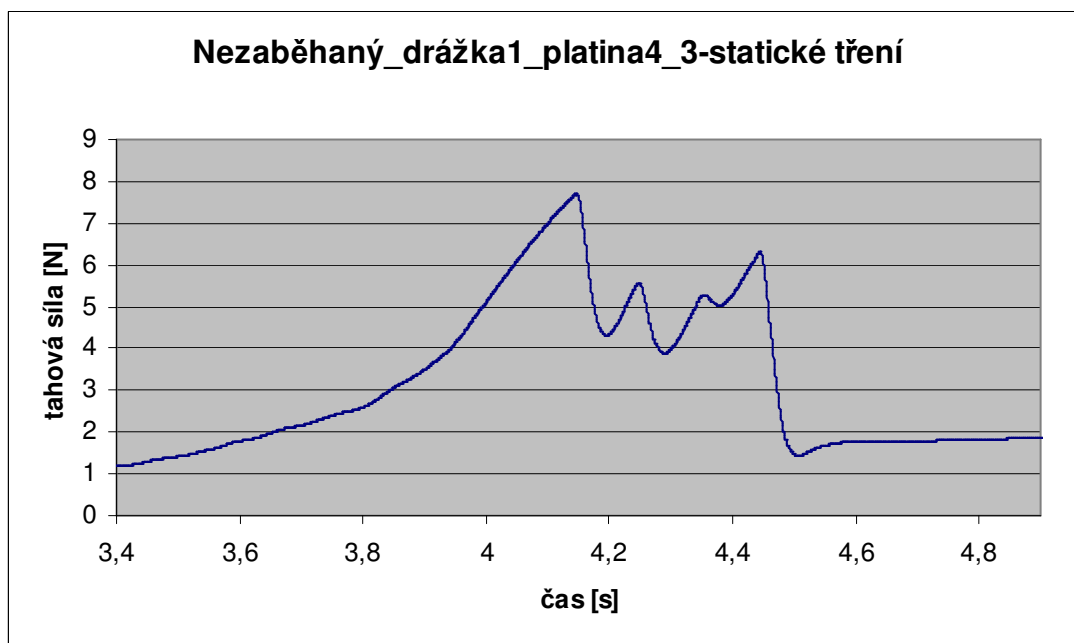
Obr. 1 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 1 – statické tření



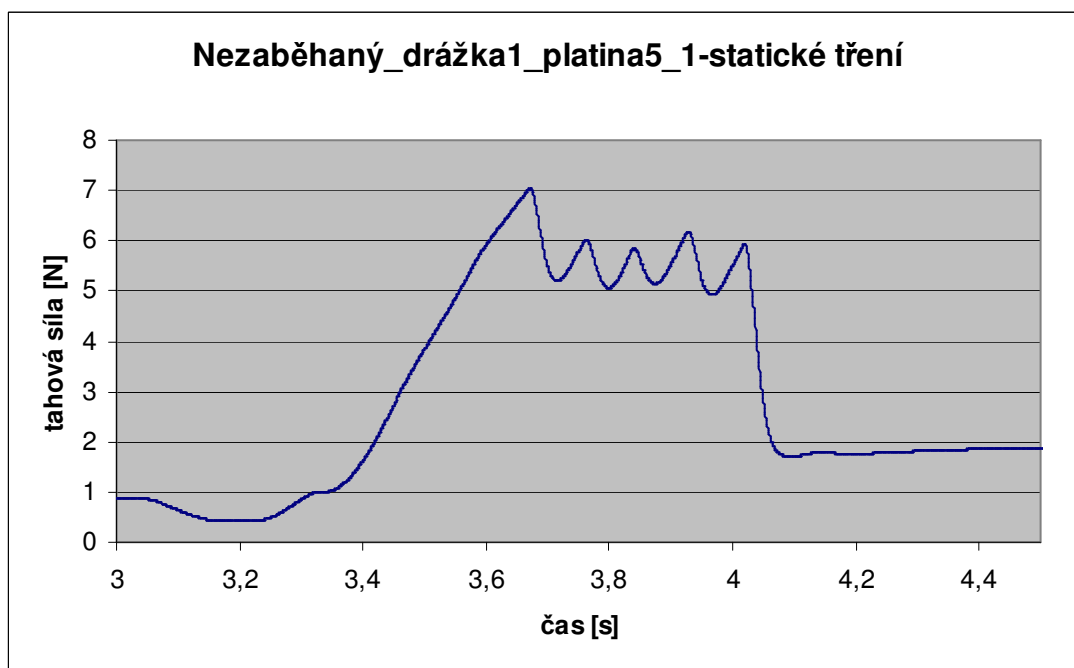
Obr. 2 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 2 – statické tření



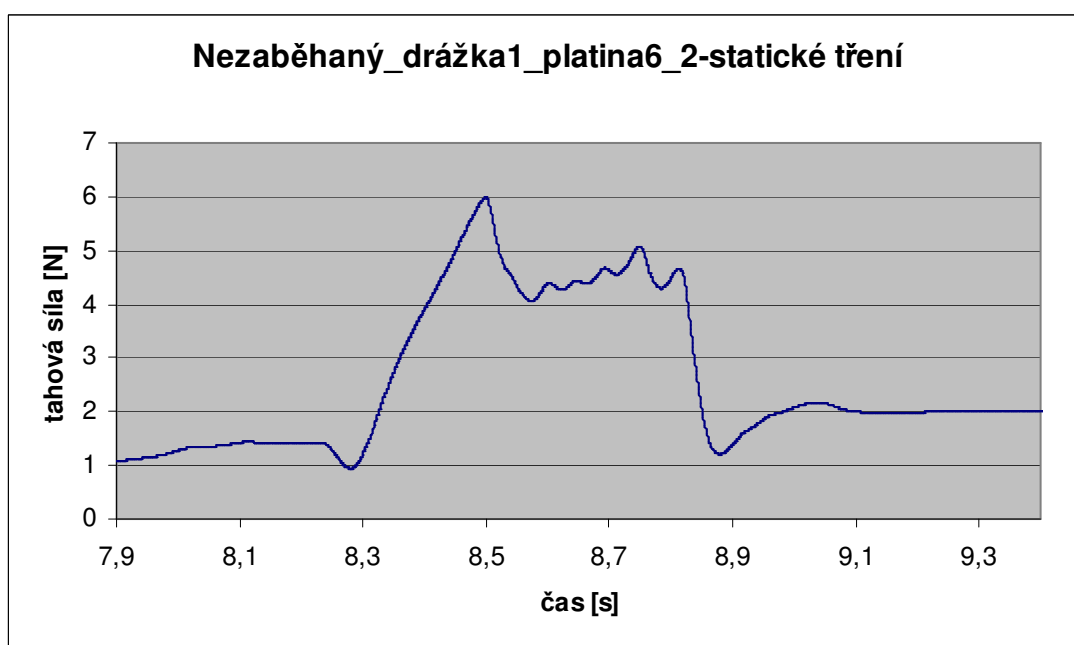
Obr. 3 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 3 – statické tření



Obr. 4 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 4 – statické tření



Obr. 5 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 5 – statické tření

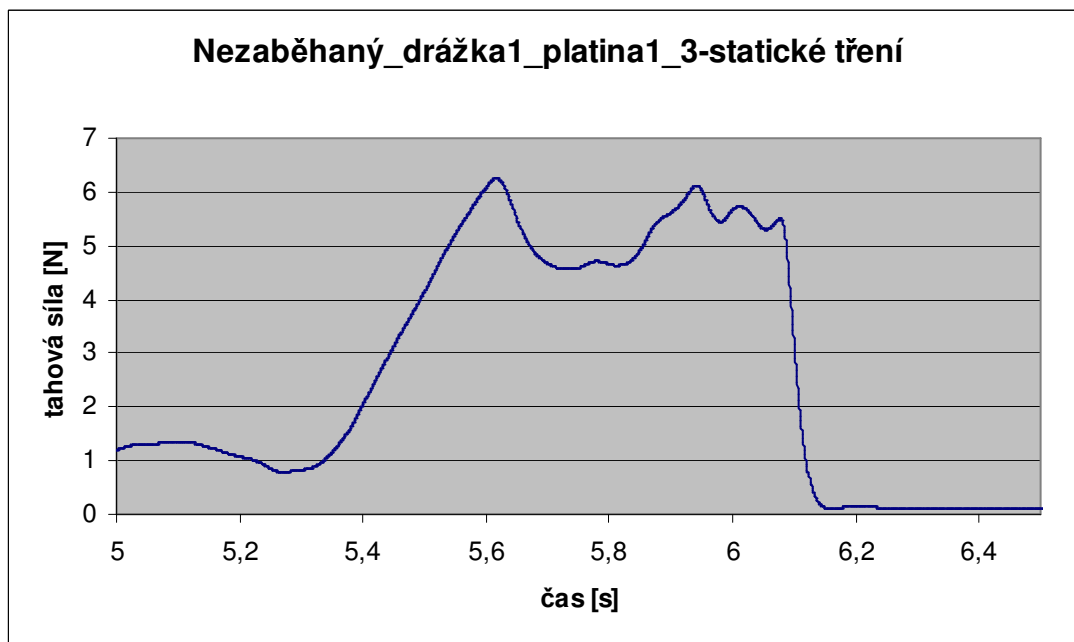


Obr. 6 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 6 – statické tření

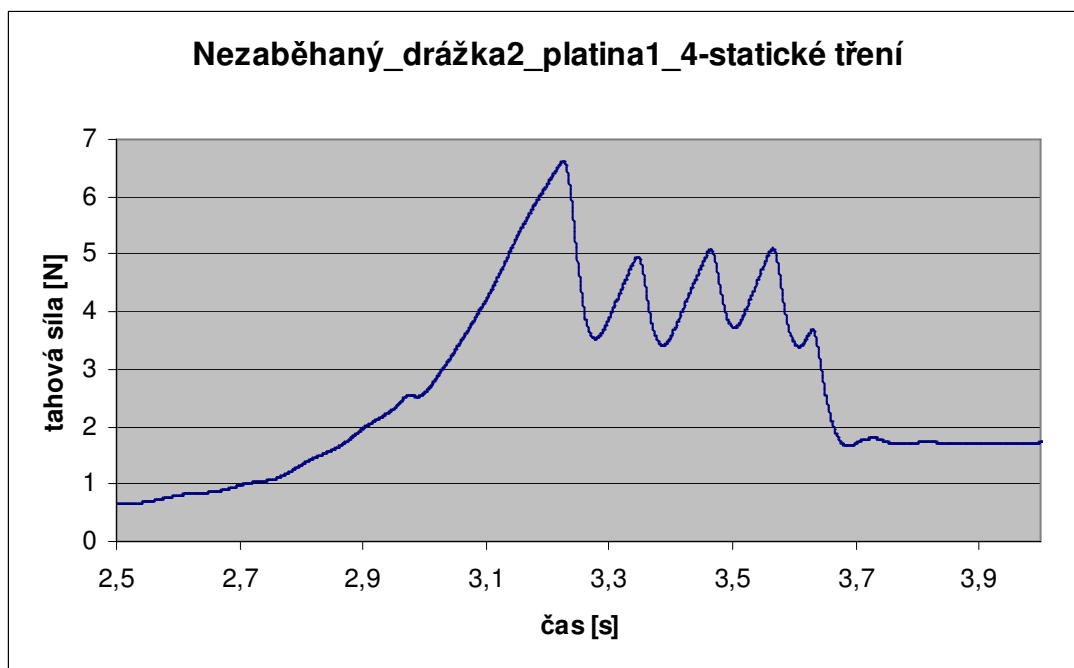


## **Příloha 2**

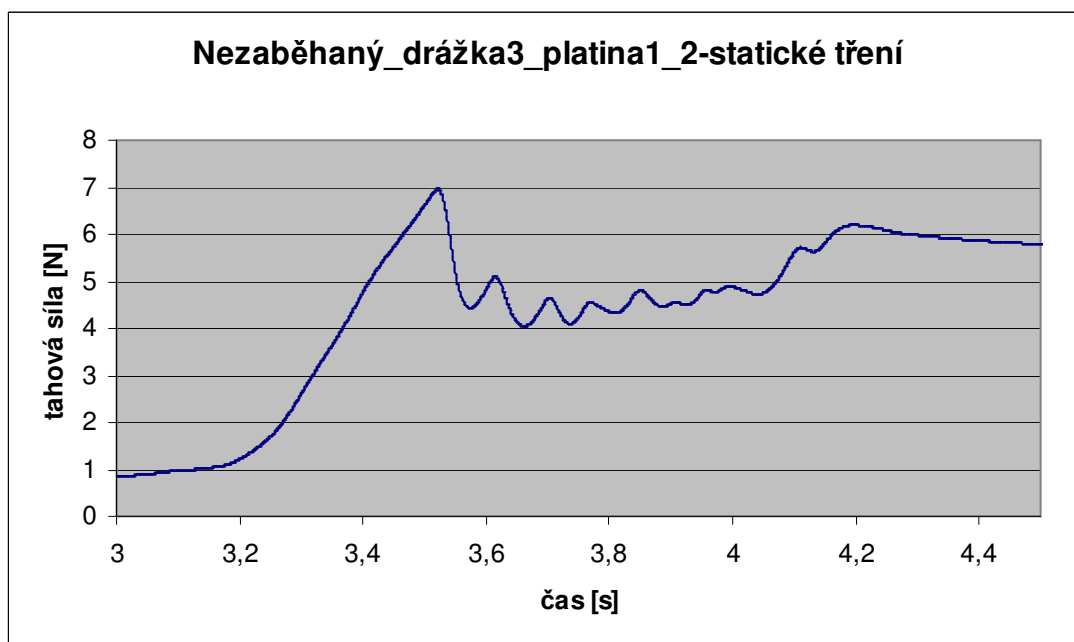
Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 drážek jednou platinou na nezaběhaném válci).



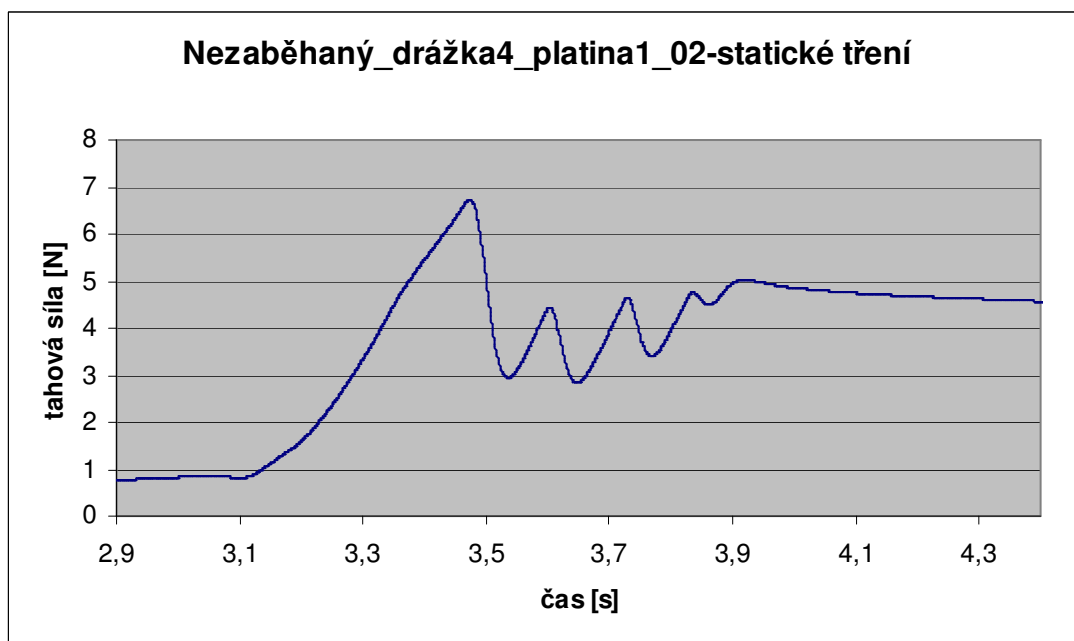
Obr. 7 Graf nezaběhaného válce, drážky 1, platiny 1 – statické tření



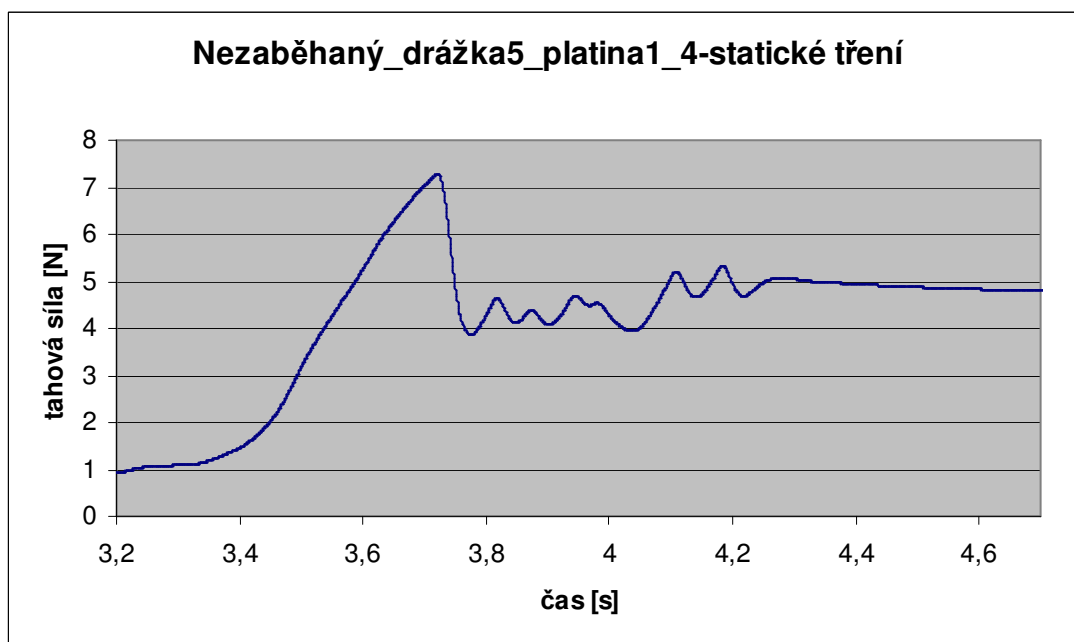
Obr. 8 Graf nezaběhaného válce, drážky 2, platiny 1 – statické tření



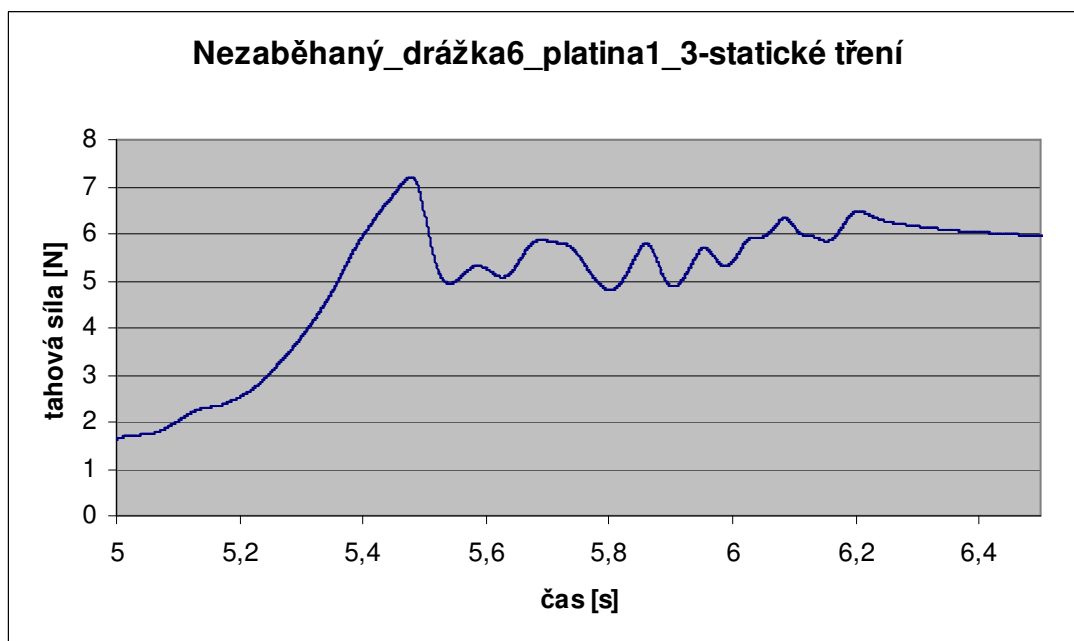
Obr. 9 Graf nezaběhaného válce, drážky 3, platiny 1 – statické tření



Obr. 10 Graf nezaběhaného válce, drážky 4, platiny 1 – statické tření



Obr. 11 Graf nezaběhaného válce, drážky 5, platiny 1 – statické tření



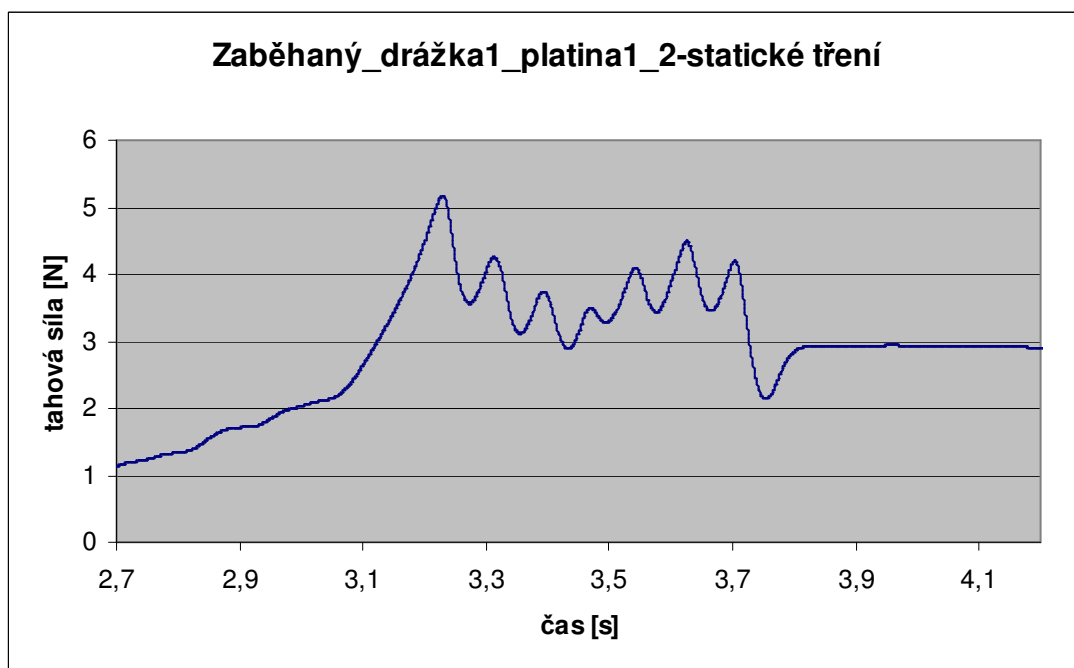
Obr. 12 Graf nezaběhaného válce, drážky 6, platiny 1 – statické tření



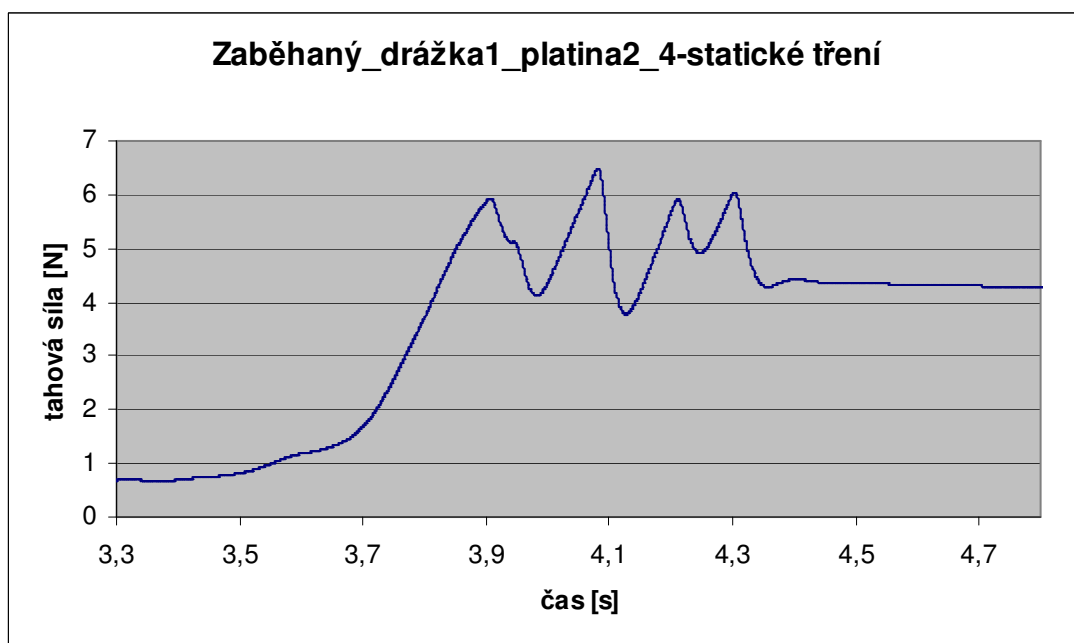
### **Příloha 3**

Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 platin  
v jedné drážce na zaběhaném válci).

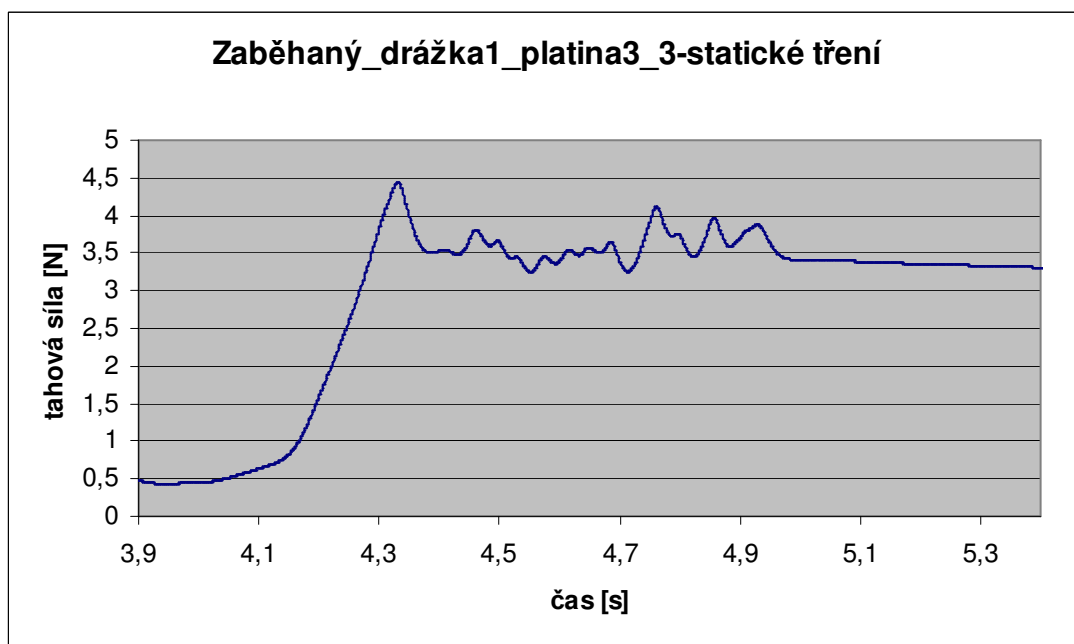




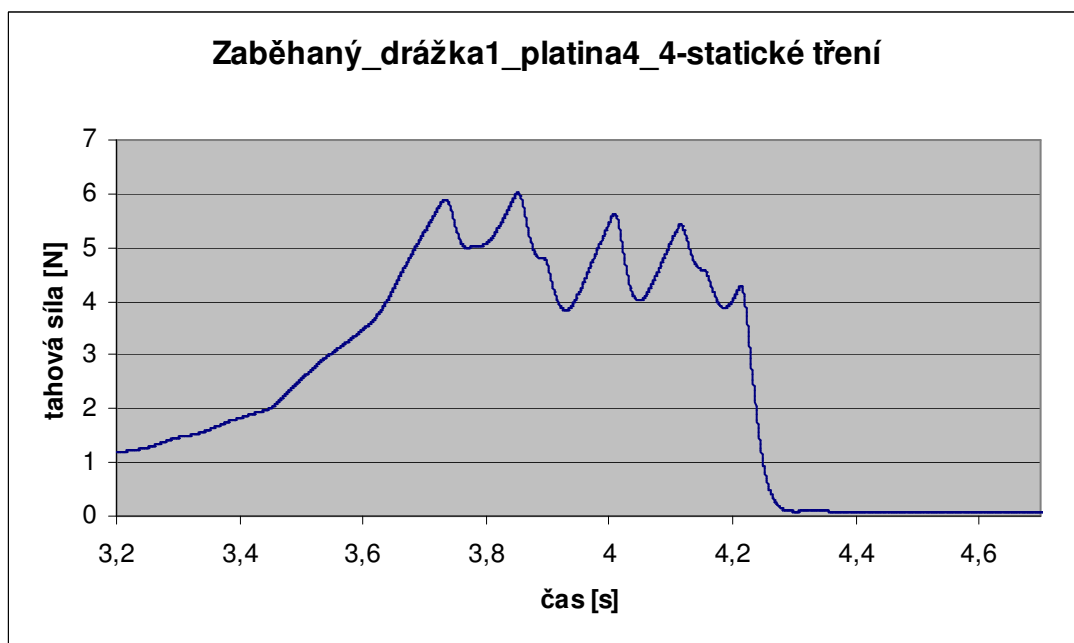
Obr. 13 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1 – statické tření



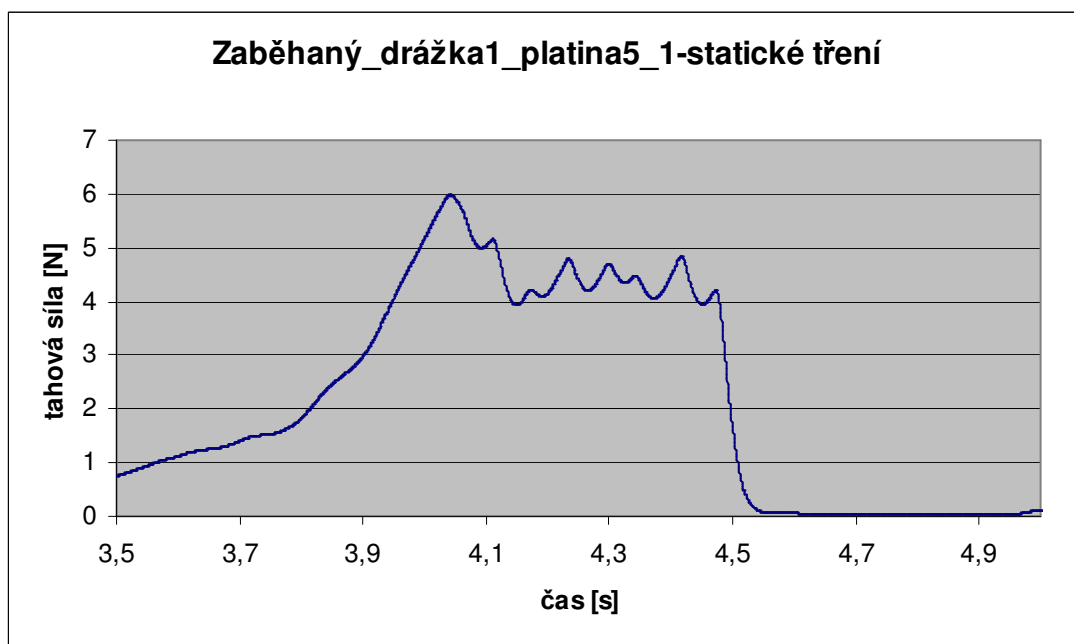
Obr. 14 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 2 – statické tření



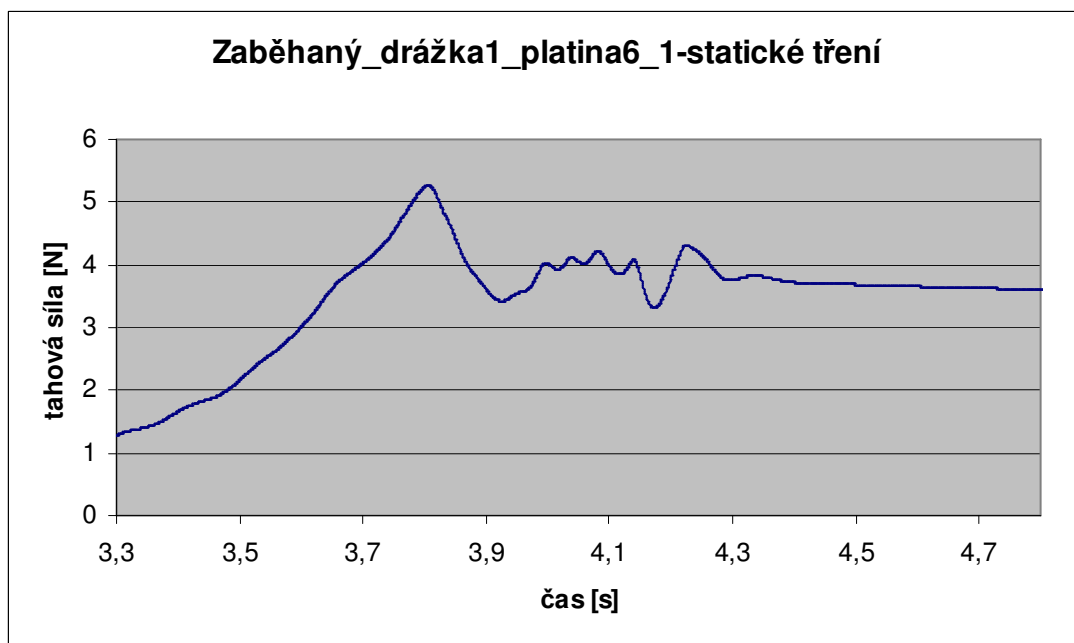
Obr. 15 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 3 – statické tření



Obr. 16 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 4 – statické tření



Obr. 17 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 5 – statické tření

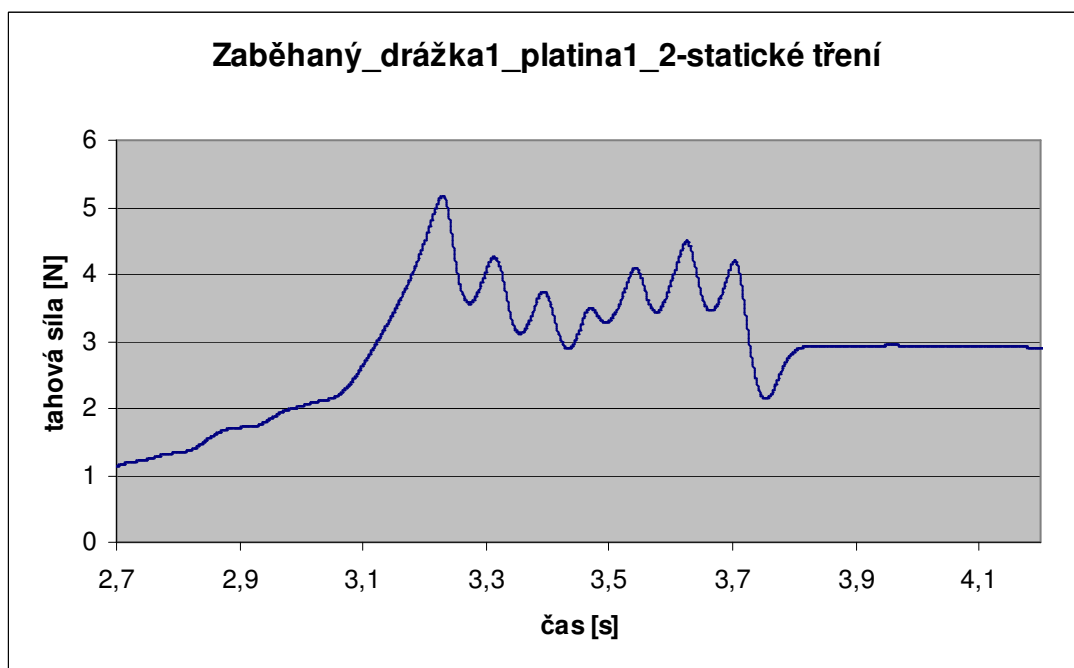


Obr. 18 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 6 – statické tření

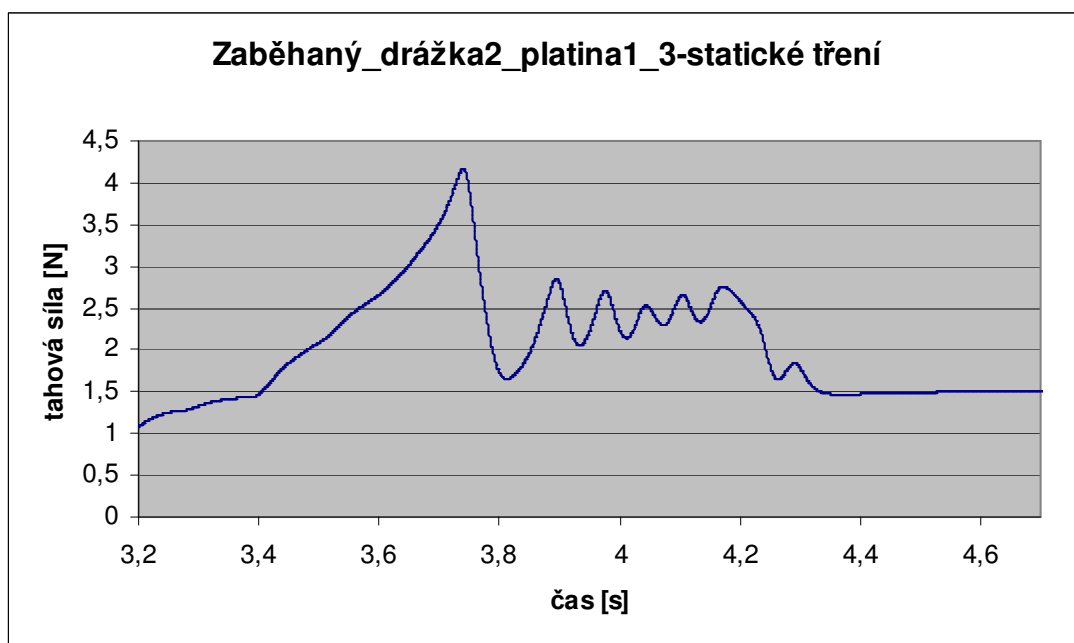


## **Příloha 4**

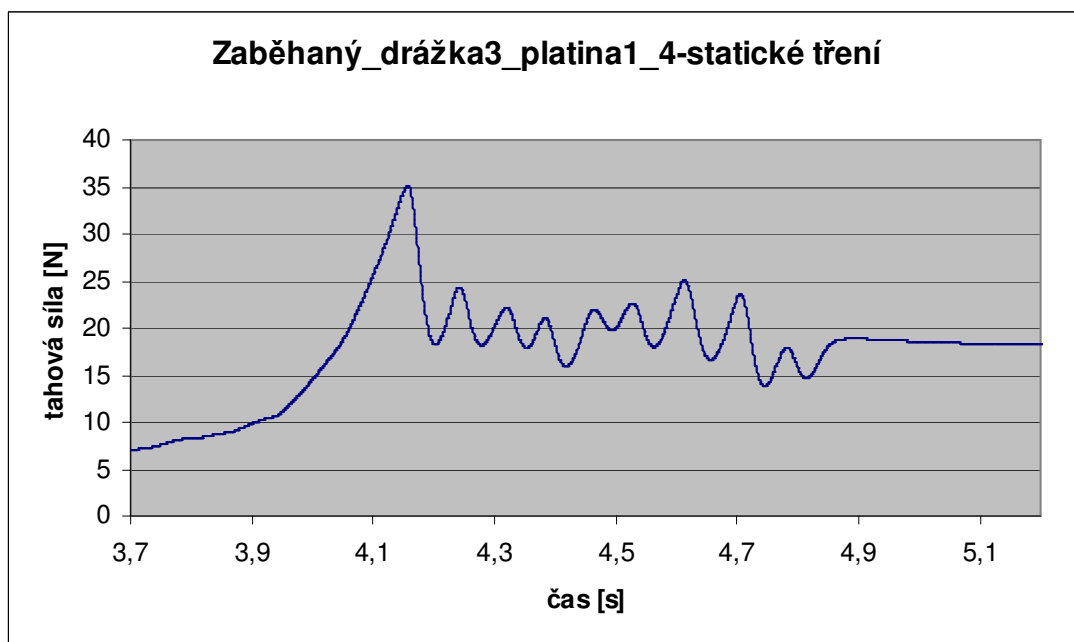
Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při statickém tření (měřeno 6 drážek jednou platinou na zaběhaném válci).



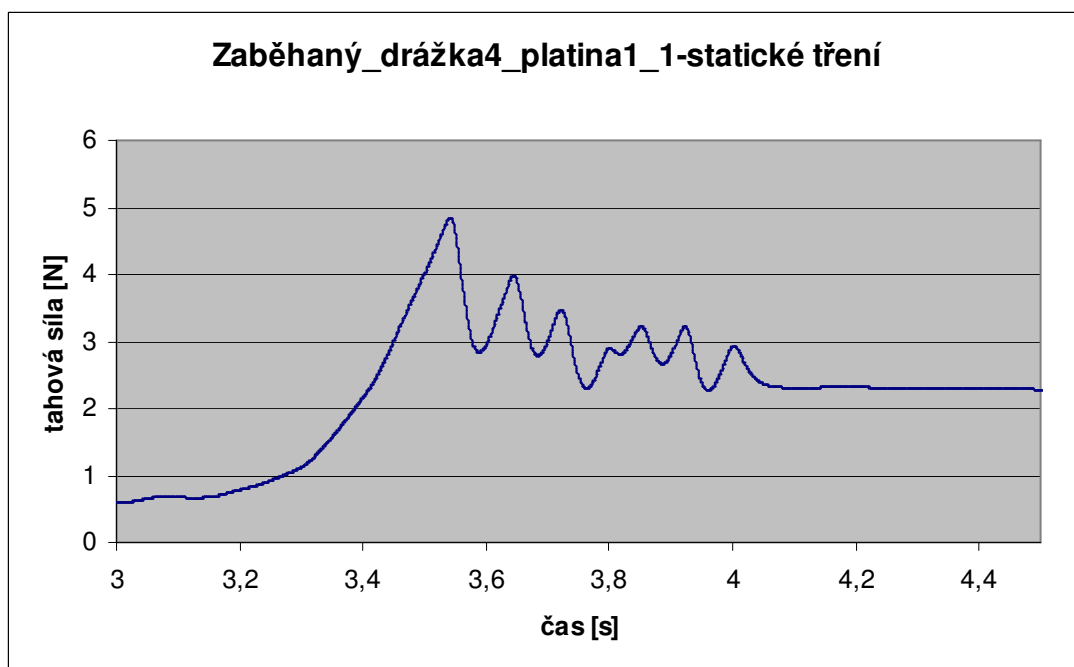
Obr. 19 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1 – statické tření



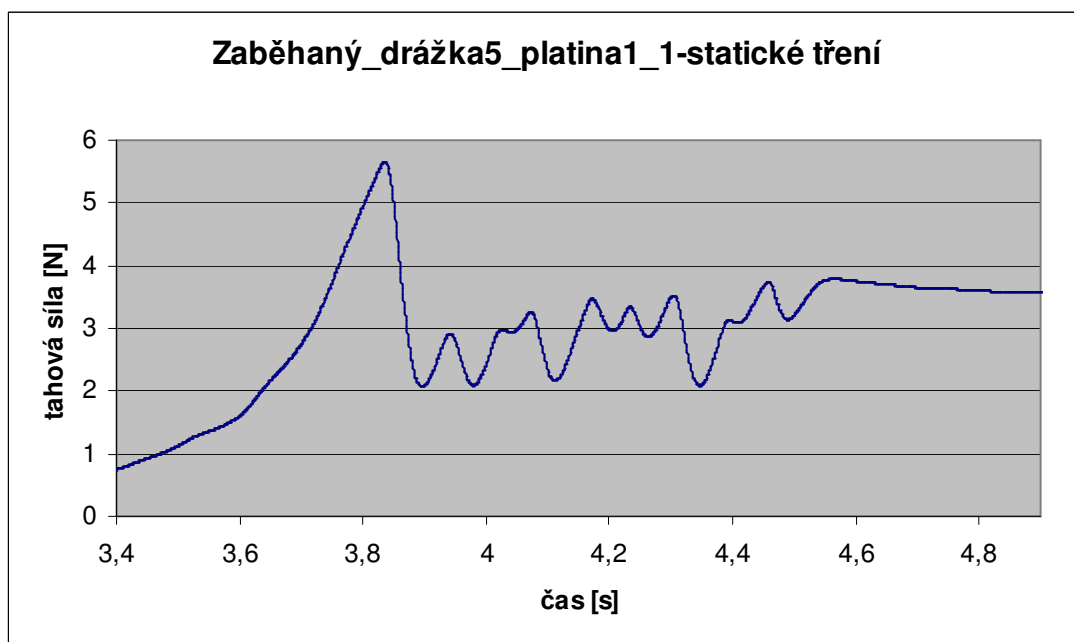
Obr. 20 Graf zaběhaného válce, drážky 2, platiny 1 – statické tření



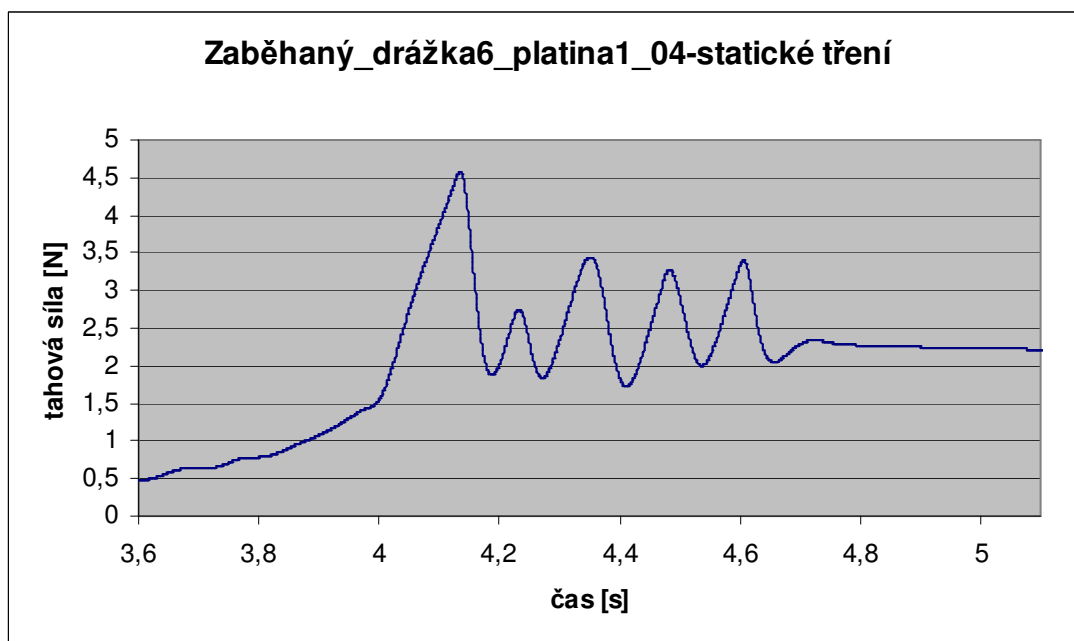
Obr. 21 Graf zaběhaného válce, drážky 3, platiny 1 – statické tření



Obr. 22 Graf zaběhaného válce, drážky 4, platiny 1 – statické tření



Obr. 23 Graf zaběhaného válce, drážky 5, platiny 1 – statické tření



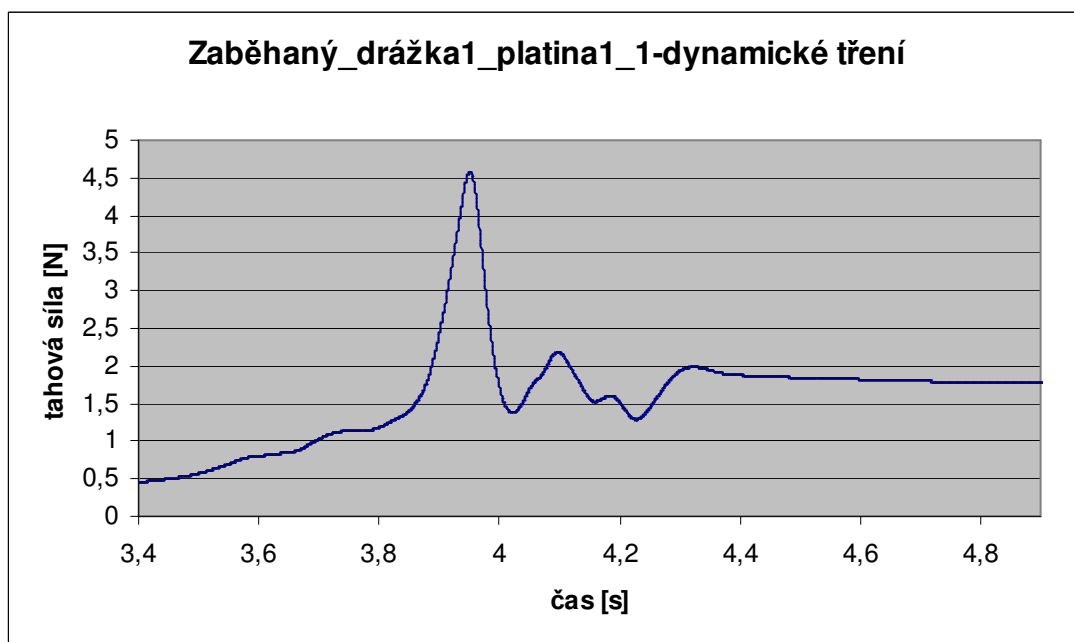
Obr. 24 Graf zaběhaného válce, drážky 6, platiny 1 – statické tření



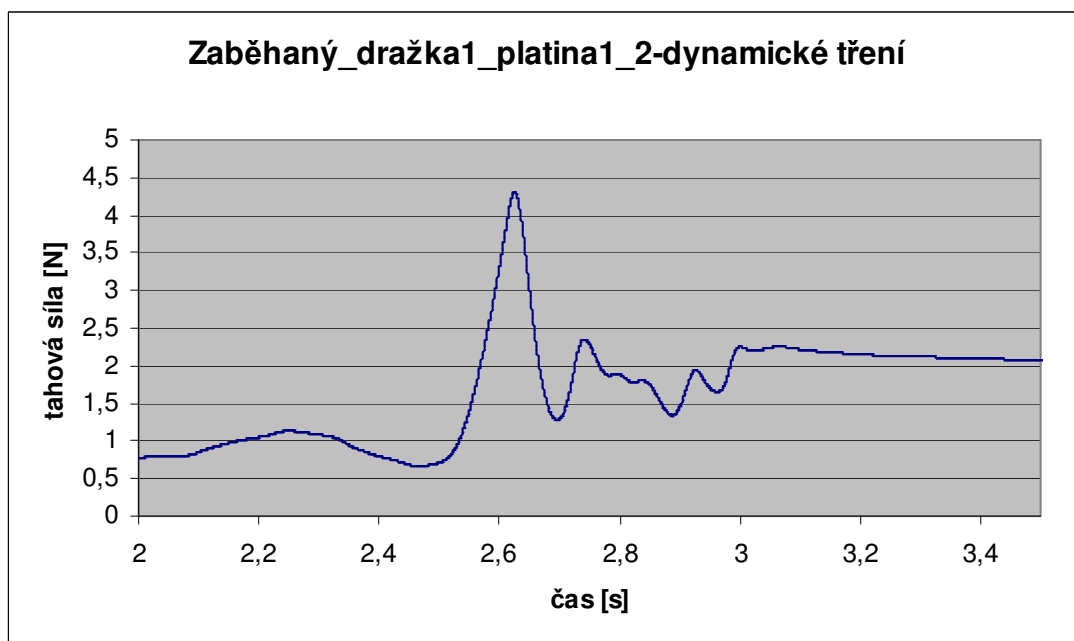
## **Příloha 5**

Grafy naměřených tahových sil závislé na čase při dynamickém tření (měřeno jednou platinou jedna drážka na zaběhaném válci).

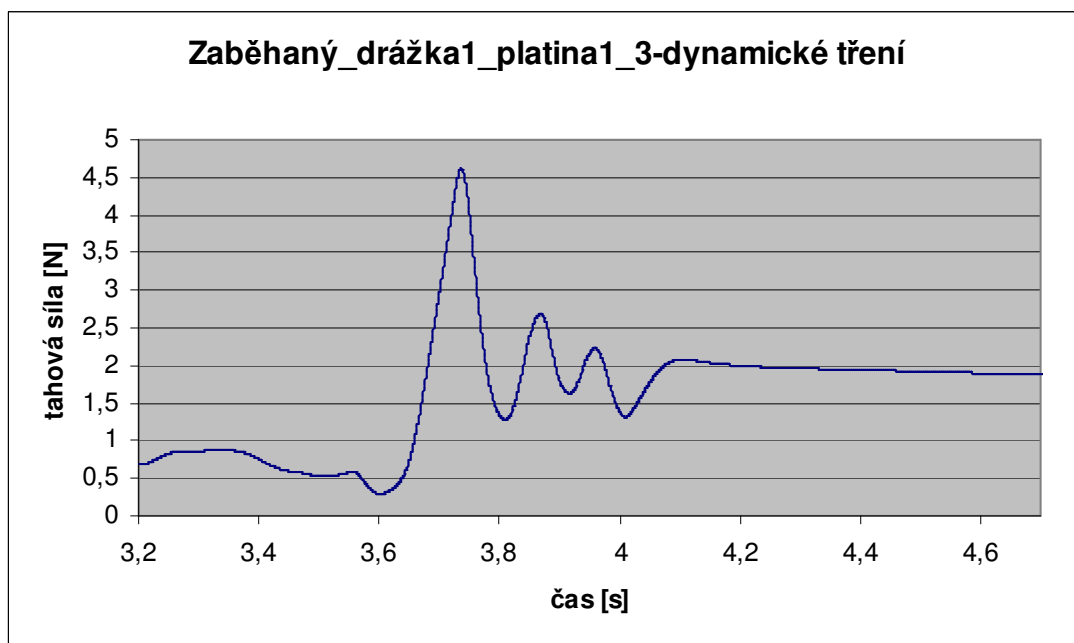




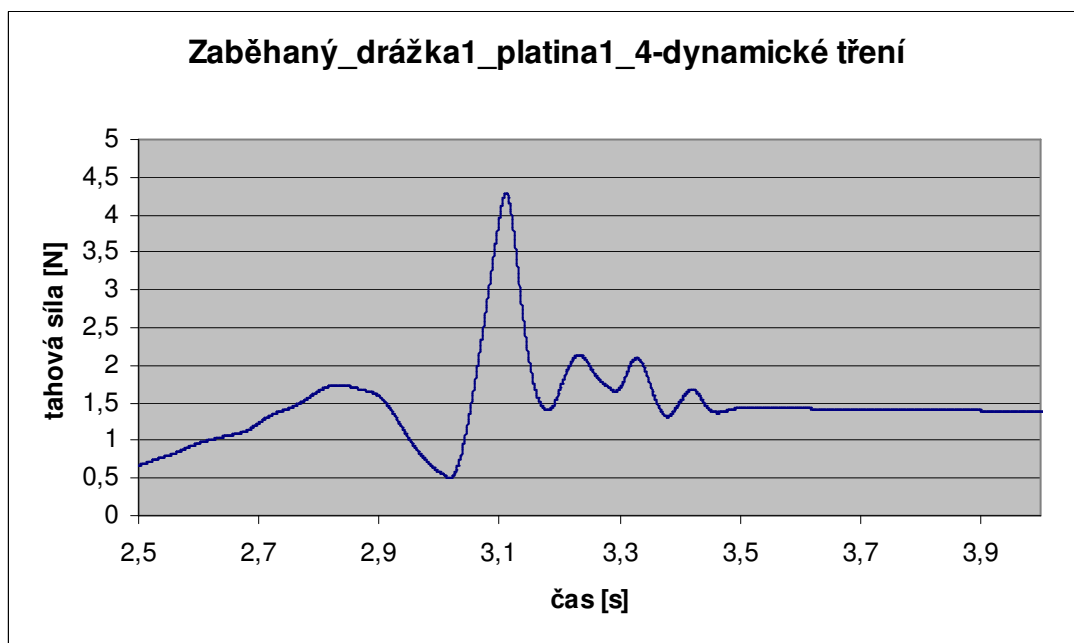
Obr. 25 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1\_1 – dynamické tření



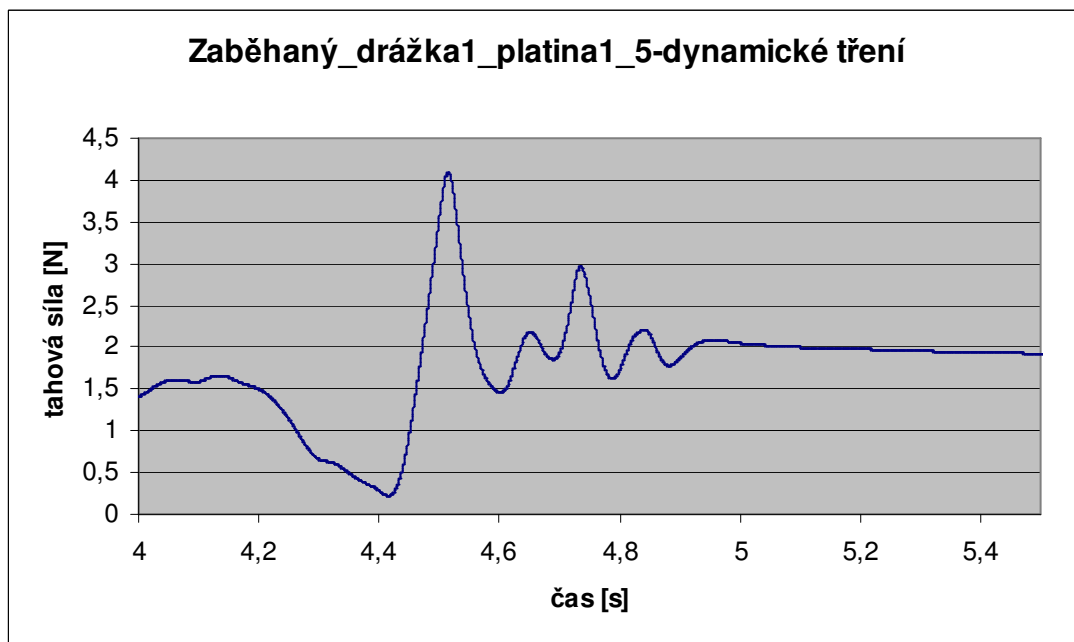
Obr. 26 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1\_2 – dynamické tření



Obr. 27 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1\_3 – dynamické tření



Obr. 28 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1\_4 – dynamické tření



Obr. 29 Graf zaběhaného válce, drážky 1, platiny 1\_5 – dynamické tření